

THE EFFECT OF CARBURIZATION TIME ON THE HARDNESS AND MICROSTRUCTURE AT HEAT TREATMENT OF CARBURIZED STEELS

İdris KARAGÖZ
Yalova University
Idris.karagoz@yalova.edu.tr

Halil İbrahim KURT
Gaziantep University
hiakurt@gmail.com

Ramazan SAMUR
Marmara University
rsamur@marmara.edu.tr

ABSTRACT: Since the carbon content of carburized steels is below 0.20%, they cannot be cured normally. In order to increase the amount of carbon, the steels are carburized by surface hardening. In this study; The carburization process was applied to the SAE 8620 (21NiCrMo2) carburized steel in a salt bath containing 10% cyanide (Potassium Cyanide KCN). Samples cut at two different sizes of 15x15x100 mm and 20x20x100 mm were heated gradually from room temperature to curing temperature of 930°C. At 930°C, the materials were incubated for two and six hours at two different retention times and then gradually decreased to 860°C. The materials were stored at 860°C for 40 minutes and then the materials were quenched with water in the oil cooling medium. After quenching, the materials were tempered at 180°C for two hours. Surface hardness and micro hardness of the materials were measured and their microstructures were examined. The hardness depth for the materials was 1.6 mm and the effective hardness was 1.2 mm. Surface hardness values were measured as 832-860 HV for 15 mm thickness and 810-840 HV for 20 mm thickness according to six-seven hour waiting period. It was observed that the hardening was at a maximum level up to a depth of 0.2 mm, the hardness values decreased as the nucleus was approached and a sufficient martensite phase was formed in the structure. It was observed that the hardness values decreased with the thickness of the two samples, depending on time, the structure was coarse to the core and the perlitic structure was transformed into the beynitic structure. Material hardness and hardening time on the amount of carbon after the hardening process has been found to affect the hardenability of steel.

Key words: carburized steels, carburization time, hardness, heat treatment, microstructure

SEMENTASYON ÇELİKLERİNİN ISIL İŞLEMİNDE KARBÜRÜZASYON SÜRESİNİN SERTLİK VE MİKROYAPI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

ÖZET: Düşük karbonlu çelik grubundan olan sementasyon çelikleri dişliler, miller, piston pimleri, zincir baklaları, makaralar, diskler, kılavuz plaka ve yataklar, merdaneler, ölçü ve kontrol aletleri, kesici takımlar gibi malzemelerin üretiminde kullanılırlar. Sementasyon çeliklerinin karbon miktarı %0,20' nin altında olduğu için normal yolla sertleştirilemezler. Sementasyon çelikleri karbon miktarının artırılması amacıyla yüzeye karbon emdirilerek yüzey sertleştirme yapılan sementasyon işlemine tabi tutulurlar. Bu çalışmada; SAE 8620 (21NiCrMo2) sementasyon çeliğine %10 siyanür içeren (Potasyum Siyanür KCN) tuz banyosunda sementasyon işlemi uygulanmıştır. 15x15x100 mm ve 20x20x100 mm olarak iki farklı ölçüde kesilen numuneler oda sıcaklığından sertleştirme sıcaklığı olan 930 °C' ye kadar kademeli şekilde ısıtılmıştır. 930 °C'de malzemeler altı ve yedi saat süreyle iki farklı tutma süresinde bekletilmiş ve ardından kademeli bir şekilde sıcaklık 860 °C' ye düşürülmüştür. Malzemeler 860 °C'de 40 dakika bekletilmiş ve sonrasında malzemelere yağ soğutma ortamında su verilmiştir. Su verme sonrası malzemeler 180 °C'de iki saat süreyle temperlenmiştir. Mikroyapı incelemelerine uygun olarak 1200 zımparaya kadar zımparalanan ve elmas pasta ile parlatılan numune yüzeyleri asit çözeltisi ile dağlanmıştır. Malzemelerin yüzey sertlikleri, mikrosertlik ölçümleri yapılmış ve mikroyapıları incelenmiştir. Malzemeler için sertlik derinliği 1,6 mm ve etkili sertlik derinliği ise 1,2 mm olarak tespit edilmiştir. Yüzey sertlik değerleri altı/yedi saat bekleme süresine göre sırasıyla 15 mm kalınlık için 832/860 HV ve 20 mm kalınlık içinse 810/840 HV olarak ölçülmüştür. 0,2 mm derinliğe kadar sertleşmenin maksimum seviyede olduğu, çekirdeğe yaklaşıldıkça sertlik değerlerinin düştüğü ve yapıda yeterli seviyede martenzit fazının oluştuğu görülmüştür. Numunelerin sertleşen kısmında karbon miktarının %0,5' in üzerine çıktığı, yüzeyde ise %0,9' un üzerine çıkmadığı ve dekarbürizasyonun oluşmadığı görülmüştür. İki numune arasında kalınlıkla birlikte sertlik değerlerinin bir miktar düştüğü, zamana bağlı olarak çekirdeğe doğru yapının kabalaştığı ve perlitik yapının beynitik yapıya dönüştüğü gözlemlenmiştir. Malzeme sertliği ve sertleştirme sonrası karbon miktarı üzerinde karbürizasyon süresinin etkili olduğu, çeliğin sertleşebilirliğini etkilediği görülmüştür.

Anahtar sözcükler: sementasyon çelikleri, karbürizasyon süresi, sertlik ölçümü, ısıtma işlemi, mikroyapı

GİRİŞ

Metallerin sertlik, mukavemet vb. mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla metaller katı halde uygulanan kontrollü ısıtma ve soğutma işlemleri ısıtma işlemi olarak tanımlanmaktadır (Karagöz 2007). Çeliğin sertleştirilmesi, kritik bir sıcaklıkta veya üzerine çeliğin ısıtılması, bu sıcaklıkta bir süre bekletilmesi ve sonrasında su verme sıcaklığına kademeli bir şekilde düşürülerek soğutma işleminin yapılması şeklinde açıklanabilir (Biçer & Karagöz 2017).

Teknolojik gelişmelerle birlikte ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda yeni malzeme türlerinin ya da mevcut malzeme özelliklerinin geliştirilmesine çalışılmaktadır. Günümüzdeki özellikleri, kimyasal bileşimi, uygulama alanları birbirinden farklı yüzlerce çelik türü mevcuttur. Bu çelik türlerinden biri endüstride yaygın kullanım alanına sahip olan sementasyon çelikleridir. Düşük karbonlu çelik grubundan olan sementasyon çelikleri dişliler, miller, piston pimleri, zincir baklaları, makaralar, diskler, kılavuz plaka ve yataklar, merdaneler, ölçü ve kontrol aletleri, kesici takımlar gibi malzemelerin üretiminde kullanılırlar (Karagöz 2007). Karbon miktarı %0,20' nin altında olduğu için normal yolla sertleştirilemeyen sementasyon çeliklerinin sertleştirilmesi için en eski yöntemlerden biri olan yüzeye karbon emdirilerek yüzey sertleştirme yapılan karbürüzyon tekniği kullanılmaktadır (Topbaş 1998). Karbürüzyon işleminin uygulanmasında farklı teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklerin biri yaygın kullanım oranına sahip olan tuz banyosunda karbürüzyon işlemidir.

Daha önce yapılan çalışmalarda, araştırmacılar tarafından sertleştirilmiş AISI 8620 çeliğinin aşınma davranışı incelenmiş ve ısıtılma işleminin aşınma davranışı üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır (Levy & Yan 1985). Gaz karbürüzyon ile sertleştirilmiş SAE 8620 çeliğinin sementasyon derinliği ve yorulma özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir (Asi et al 2007). Farklı sertleştirme sıcaklıkları ve süreleri kullanılarak gaz karbürüzyonu ile sertleştirilmiş malzemenin yorulma performansı incelenmiştir (Asi et al 2009). Süreç değişkenleri olarak zaman, sıcaklık ve farklı gaz karışımlarında çeliğin iyon nitrüleme davranışını incelenmiştir (Çelik et al 2001). Isıl işlemle birlikte AISI 8620 çeliğinde çift fazlı bir mikro yapı oluşturulmaya çalışılmış, martenzit partikül büyüklüğünün sabit hacim fraksiyonundaki gerilme çatlağı üzerindeki etkisi incelenmiştir (Erdoğan & Tekeli 2002). Isıl işlem sonrası AISI 8620 çeliğinde sementasyon derinliğinin yorulma performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir (Genel & Demirkol 1999). AISI 8620' nin sertleştirilmesinde su verme ortamının kalıntı östenit ve malzemelerin tribolojik özellikleri arasındaki ilişki (Roy & Sundararajan 2016) ve benzer bir çalışmada da kalıntı östenit miktarı ile çatlak yayılımı ve yorulma davranışı arasındaki ilişki (Shen et al 2015) incelenmiştir. Yeğen ve Usta (2010) tarafından sementasyon işlemi için farklı sürelerde tuz banyosunda tutulan sıcak haddelenmiş ve soğuk şekillendirilmiş SAE 8620 ve 16MnCr5' in mekanik özelliklerinin tutma sürelerine bağlı olarak değişimi incelenmiştir.

YÖNTEM

Çalışmalarda endüstrideki kullanım oranları dikkate alınarak daha çok dişli çarklar ve miller gibi makine parçaları ve kılavuz burç, kolon ve plaka gibi kalıp elemanlarının yapımında yaygın olarak kullanılan, TSE EN 10084 standardına uygun, malzeme no 1.6523 ve sembolü 21NiCrMo2 (SAE 8620) olan çelik kullanılmıştır. Malzemeler İMS Özel Çelik (İstanbul) firmasından sertifikalı ürün olarak temin edilmiştir. Malzemelere ait mekanik özellikler Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. 21NiCrMo2 Sementasyon çeliğine ait mekanik özellikler

Özellik	Değer
---------	-------

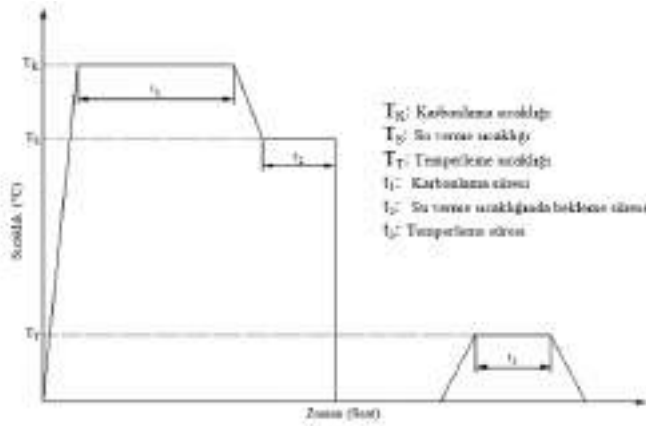
Çekme Mukavemeti	530 MPa
Akma Mukavemeti	385 MPa
Elastik Modül	190-210 GPa
Kayma Modülü	80 GPa
Poisson Oranı	0,27-0,30
Izod Darbe Dayanımı	115 J
Sertlik	149 HB
Kopma Uzaması	% 10

Çeliğin kimyasal bileşimin standart değerlere uygun olması ısıtım işlem proseslerinin doğru olarak uygulanabilmesi ve sonuçların güvenilirliği açısından önemlidir. Bu nedenle GNR S7 marka (GNR/İtalya) kütle spektroskopisi cihazı ile elde malzemelerin kimyasal bileşimi belirlenmiştir. Malzemelere ait kimyasal bileşim Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. 21NiCrMo2 çeliğinin kimyasal bileşim ölçüm sonuçları

Açıklama	Kimyasal Bileşim (% ağırlık)							
Element	C	Si	Mn	P _{maks.}	S _{maks.}	Ni	Cr	Mo
Standard	0,18-0,23	0,20-0,35	0,70-0,90	0,040	0,040	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
Bulunan	0,197	0,204	0,718	0,012	0,0076	0,439	0,415	0,158

Hazırlanan numunelere %10 siyanür içeren (Potasyum Siyanür KCN) tuz banyosunda Şekil 1' de verilen ısıtım işlem çevrimi ve süreçlere göre karbürizasyon işlemi yapıldı. Malzeme kalınlığının sertlik üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla 15x15x100 mm ve 20x20x100 mm olarak iki farklı ölçüde kesilen numuneler oda sıcaklığından sertleştirme sıcaklığı olan 930 °C' ye kadar kademeli şekilde ısıtılmıştır. 930 °C' de malzemeler altı ve yedi saat süreyle iki farklı tutma süresinde bekletilmiş ve ardından kademeli bir şekilde sıcaklık 860 °C' ye düşürülmüştür.



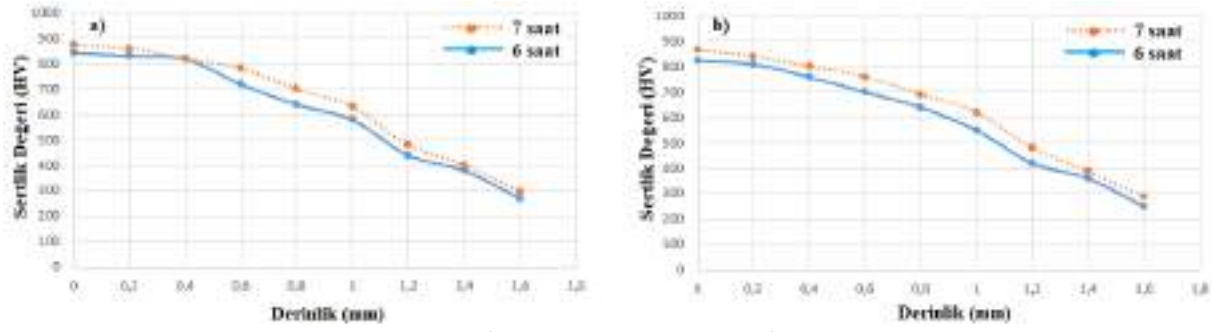
Deneme Kodu	Kalınlık (mm)	T _K (°C)	t _K (Sa.)	T _S (°C)	t _S (Sa.)	T _T (°C)	t _T (Sa.)
1	15	930	6	860	40	180	2
2	20	930	6	860	40	180	2
3	15	930	7	860	40	180	2
4	20	930	7	860	40	180	2

Şekil 1. Isıl işlem çevrimi ve süreçler

Malzemeler 860 °C'de 40 dakika bekletilmiş ve sonrasında malzemelere yağ soğutma ortamında su verilmiştir. Su verme sonrası malzemeler 180 °C'de iki saat süreyle temperlenmiştir. Mikroyapı incelemelerine uygun olarak 1200 zımparaya kadar zımparalanan ve 3 µm ve 1 µm elmas pasta ile parlatılan numune yüzeyleri asit çözeltisi ile dağlanmıştır. Malzemelerin yüzey sertlikleri, kesit yüzeyinden merkeze doğru MIKROSCAN marka sertlik ölçüm cihazı ile 1 kp yük ve 136° uç açısına sahip elmas piramit uç kullanılarak HV cinsinden sertlikleri ölçülmüş ve optik mikroskop ile mikroyapı incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Numunelerin sertlik ölçüm grafikleri Şekil 2' de verilmiştir. Malzemeler için sertlik derinliği 1,6 mm ve etkili sertlik derinliği ise 1,2 mm olarak tespit edilmiştir. Yüzey sertlik değerleri altı/yedi saat bekleme süresine göre sırasıyla 15 mm kalınlık için 832/860 HV ve 20 mm kalınlık içinse 810/840 HV olarak ölçülmüştür. 0,2 mm derinliğe kadar sertleşmenin maksimum seviyede olduğu, çekirdeğe yaklaşıldıkça sertlik değerlerinin düştüğü ve yapıda yeterli seviyede martenzit fazının oluştuğu görülmüştür. Numunelerin sertleşen kısmında karbon miktarının %0,5' in üzerine çıktığı, yüzeyde ise %0,9' un üzerine çıkmadığı ve dekarbürizasyonun oluşmadığı görülmüştür. İki numune arasında kalınlıkla birlikte sertlik değerlerinin bir miktar düştüğü, mikroyapı incelemelerinde zamana bağlı olarak çekirdeğe doğru yapının kabalaştığı ve perlitik yapının beynitik yapıya dönüştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 2. Sertlik ölçüm grafikleri a) Kalınlık 15 mm, b) Kalınlık 20 mm

Şekil 3' te mikroyapı incelemelerine ait resimler verilmiştir. Mikro yapı incelemelerinde yüzeyde martenzitik tabakanın oluştuğu ve içeriye doğru penetre edildikçe bu tabakanın etkisini yitirdiği gözlemlenmiştir. Şekil 3 b' de beyaz olan tabaka oluşmuş olan bu martenzit fazına aittir. Buna bağlı olarak iki numune arasında kalınlıkla birlikte sertlik değerlerinin bir miktar düştüğü gözlemlenmiştir. altı saat süreyle tuz banyosunda tutulan numunelerde mikroyapıda düz martenzit şekillerin yanında perlit taneciklerine de rastlanmıştır. Yedi saat süreyle tuz banyosunda tutulan numunelerin mikroyapısında ise süreksizliklerin ve beynitik yapının oluştuğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 50x büyütme mikroyapı fotoğrafları, a) Kalınlık 15 mm/6 saat, b) Kalınlık 15 mm / 7 saat, c) Kalınlık 20 mm / 7 saat

SONUÇ

Malzemelerin prosese uygun olarak sertleştirildiği ve sementasyon sırasında çelik yüzeyinden belirli bir derinliğe kadar karbon emdiği görülmüştür. Çalışmada elde edilen sertlik derinliklerinin parçanın kullanım amacına göre uygun olduğu, 1,2 mm civarında olan etkili sertlik derinliğinin çekirdeğe doğru düştüğü tespit edilmiştir. 6 saat süreyle tuz banyosunda tutulan malzemelerin dış kabuğunda ince bir martenzit tabakasının oluştuğu ve tuz banyosunda tutma süresiyle birlikte bu tabaka kalınlığının iç yüzeye doğru arttığı görülmüştür. 7 saat tuz banyosunda tutulan numunelerde çekirdeğe doğru yapının kabalaştığı ve perlitik yapının beynitik yapıya dönüştüğü görülmektedir. 7 saatlik süre sonunda yüzeyde sertlik değerinin maksimuma çıktığı, 1 mm' de karbürleşme sıcaklığında çözünen karbon miktarının arttığı ve ötektoid üstü bir değere ulaştığı görülmektedir. Su verme sonrası yapılan

temperlemeyle dairesel forma dönüşen martenzit fazının parçaların kullanım ömrü açısından önemli bir avantaj oluşturacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Asi, O., Can, A. Ç., Pineault, J., & Blassel, M. (2007). The relationship between case depth and bending fatigue strength of gas carburized SAE 8620 steel. *Surface & Coatings Technology*, 201, 5979-5987.
- Asi, O., Can, A. Ç., Pineault, J., & Blassel, M. (2009). The effect of high temperature gas carburizing on bending fatigue strength of SAE 8620 steel. *Materials and Design*, 30, 1792-1797.
- Biçer, E., Karagöz, İ. (2017). Su Verme Sertleştirilmesi Soğutma Ortamında Isıl İşlem Polimerlerinin Kullanımı. 2. Uluslararası Mühendislik Ve Tasarım Kongresi, Kocaeli, Türkiye.
- Çelik, A., Efeoğlu, İ., Sakar, G. (2001). Microstructure and structural behavior of ion-nitrided AISI 8620 steel. *Materials Characterization* 46, 39-44.
- Erdoğan, M., Tekeli, S. (2002). The effect of martensite particle size on tensile fracture of surfacecarburised AISI 8620 steel with dual phase core microstructure. *Materials and Design*, 23, 597-604.
- Genel, K., Demirkol, M. (1999). Effect of case depth on fatigue performance of AISI 8620 carburized steel. *International Journal of Fatigue*, 21, 207-212.
- Karagöz, İ. (2007). Sementasyon Çeliklerinde Difüzyon Ve Sertlik Derinliğini Arttıracak Isıl İşlem Koşullarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Roy, S., Sundararajan, S. (2016). The effect of heat treatment routes on the retained austenite and Tribomechanical properties of carburized AISI 8620 steel. *Surface & Coatings Technology*, 8.
- Sharma, S. K., Rizvi, S. A., & Kori, R. P. (2014). Optimization of Process Parameters in Turning of AISI 8620 Steel Using Taguchi and Grey Taguchi Analysis. *Journal of Engineering Research and Application*, 4(3), 51-57.
- Shen, Y., Moghadam, S. M., Sadeghi, F., Paulson, K., Trice, R. W. (2015). Effect of retained austenite - Compressive residual stresses on rolling contact fatigue life of carburized AISI 8620 steel. *International Journal of Fatigue*, 75, 135-144.
- Topbaş, M. A. (1998). *Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı*. İstanbul, Türkiye: Ekim Ofset.
- Yeğen, İ., Usta, M. (2010). The effect of salt bath cementation on mechanical behavior of hot-rolled and cold-drawn SAE 8620 and 16MnCr5 steels. *Vacuum*, 85, 390-396.

DESIGN AND SIMULATION DUAL-BAND FSS STRUCTURE BASED ON U-SHAPED COMPACT SLOT RESONATORS

Yasir AL-ADHAMI

Electric Electronic Engineering Department, Gaziantep University
Yasser.essam18@yahoo.com

ABSTRACT: In this article a dual-band frequency-selective surface presented. The design of the FSS structure has closely spaced operation bands and high selective frequency response at each operation band. Two-dimensional compact U-shaped slot resonators are used in each FSS unit cell to obtain this ability. Also, each slot resonator is composed of straight slot section at the centre connected to two U-shaped arms at each end. The dimensions of the slot resonators are optimized using via full-wave electromagnetic simulations using CST Microwave Solver. The proposed FSS structure is independent of incident polarization and angle because of 90° rotation of the unit cell.

Keywords: (dual-band, FSS structure)

INTRODUCTION

The electromagnetic properties of periodic surfaces have been widely studied for some time now. A periodic surface is generally defined as a uniform assembly of elements (or scatterers) arranged in one- or two-dimensional infinite arrays. Several arrays and material layers may be combined to produce resonant structures commonly referred to as a Frequency Selective Surface (FSS) [1] [2] [4]. These surfaces find a wide variety of applications over a vast range of the electromagnetic spectrum, from below UHF to the far-infrared regions. In the microwave region, periodic surfaces have been used with great success as phased array antennas, artificial dielectrics, and diffraction gratings, frequency selective reflectors for antennas, dichroic surfaces, angular filters, and spatial filters. While many of the principles and design approaches described in this chapter have direct application to active structures such as phased arrays, the emphasis here is on passive frequency selective surfaces. The purpose of this chapter is to provide an overview of the field rather than a comprehensive technical exposition and therefore the interested reader is encouraged to consult the references cited in this chapter, in particular the review articles and most importantly, the textbooks. A frequency selective surface is essentially a filter designed to exhibit different reflection and/or transmission properties as a function of frequency. Unlike an ordinary filter, which generally considers only the frequency response, an FSS must maintain band filter characteristics for various angles of incidence and for various polarizations [12] [22]. The latter issue is readily addressed by using elements that respond to the particular polarization of interest. The former, however, represents a formidable challenge because, independent of element type, variations in angle of incidence result in both a shift in resonant frequency as well as a change in functional bandwidth (including magnitude and phase response) with incidence angle and polarization.

An FSS generally consists of a periodic arrangement of either wire or slot elements [17] [18]. An FSS of wire elements is composed of arbitrarily shaped conducting elements, which support electric currents. Alternatively, a slot FSS is composed of arbitrarily shaped perforations in a metallic screen, which support magnetic currents. It is convenient to view an FSS as consisting of two distinct regions: a central portion and the portion near the edges. When considering an FSS that consists of a relatively few number of elements, the frequency response is dominated by contributions from the edge of the surface. This means that the influence of the changes in the mutual coupling between all of the elements may easily be found by direct application of conventional computational electromagnetic approaches (Method of Moments, Finite Element Method, and so on) [21] [22]. There has been significant work on finite FSS that addresses the edge effects and the reader is encouraged to consult the resulting publications. More typically, Frequency Selective Surfaces are electrically very large (in that they contain many thousands of elements) and the central region of the FSS dominates the response. In this case the vast majority of the elements of an FSS appear to be in the same environment (same impedances and coupling), and it is convenient to analyse the FSS as if it were infinite. Under this condition, certain theoretical approaches may be used that allow insight into the basic behaviour of the FSS in a relatively direct manner. The Plane Wave Expansion Technique readily lends itself to the analysis of FSS providing a deeper understanding of the nature of the FSS. This deeper understanding results in better design procedures and practices.

Anatomy of a Frequency Selective Surface: Grids and Elements

An FSS is formed by the repetition of identical structures in two dimensions. Therefore an FSS is comprised of two components: a grid (often referred to as a lattice) which specifies the periodicity of the surface, and a reference element associated with every grid point. The grid/element combination, used in concert with tuning materials, define the frequency, bandwidth, polarization response, angular coverage, power handling capabilities, cost and mechanical durability of the FSS. As such it is important to understand the basic functionality and limitations of some common configurations used in FSS design, recognizing that obtaining good FSS performance is not assured by optimizing only performance parameters. In some applications, especially in military systems, dual-band FSSs with large band separation are much more attractive because they can avoid the interference and reduce the risk of radar detection [25] [16].

Design of the Dual-Band FSS

In the design proposed of FSS, compact slot resonators are used as electric resonators. The compact slot resonators are more suitable for FSS designs with narrow transition bandwidth [4]. The proposed design geometry of the dual-band FSS is including the parameters of the design that shown in fig.1. The proposed design compact on an ArlonDielad 880 substrate. The relative permittivity of ArlonDielad 880 substrate (ϵ_r) 2.2, and the loss tangent (0.0009) and the thickness (h of 0.762 mm). The total lengths of the unit cells are 5 mm $\times$ 5 mm in the directions of (x, y). The Fig.1 shows the dimensions of the proposed structure that listed in Table 1. They are chosen for X-band frequency characteristics. The FSS structure will then fit in properly within the X-band waveguide flanges and enable using waveguide measurement system for validation. Because of 90° rotation of the unit cell that shows (in Fig. 2a) The proposed designed structure is independent of incident polarization .The proposed antenna design is simulated by CST MWS and HFSS software packages.The CST MWS used Frequency Domain Solver and it is depends on indirect and direct linear equation solver system.

In the design proposed of FSS, compact slot resonators are used as electric resonators. The compact slot resonators are more suitable for FSS designs with narrow transition bandwidth [4]. The proposed design geometry of the dual-band FSS is including the parameters of the design that shown in fig.1. the proposed design compact on an ArlonDielad 880 substrate. The relative permittivity of ArlonDielad 880 substrate (ϵ_r) 2.2, and the loss tangent (0.0009) and the thickness (h of 0.762 mm). The total lengths of the unit cells are 5 mm $\times$ 5 mm in the directions of (x, y). The Fig.1 shows the dimensions of the proposed structure that listed in Table 1. They are chosen for X-band frequency characteristics. The FSS structure will then fit in properly within the X-band waveguide flanges and enable using waveguide measurement system for validation. Because of 90° rotation of the unit cell that shows (in Fig. 2a) The proposed designed structure is independent of incident polarization .The proposed antenna design is simulated by CST MWS and HFSS software packages.The CST MWS used Frequency Domain Solver and it is depends on indirect and direct linear equation solver system.

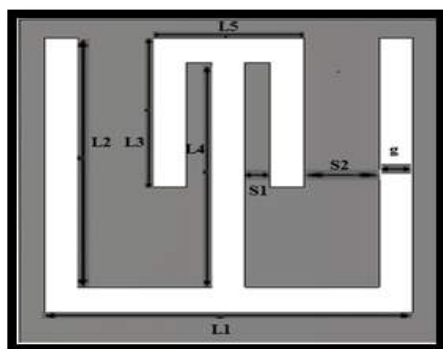
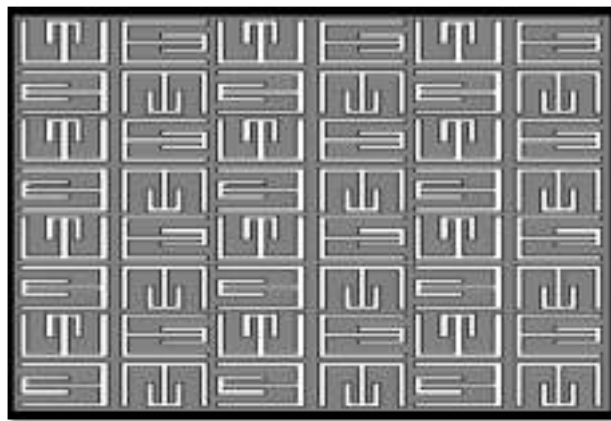


Figure 1: Geometrical dimensions of proposed FSS structure

L1	L2	L3	L4	L5	S1	S2
5mm	5mm	3mm	4mm	0.3mm	0.5mm	0.61mm

Table 1: Geometrical dimension of the proposed dual-band FSS



A



B

Figure 2: Schematic drawing of the proposed FSS (A) Periodic structure (B) Unit cell

RESULTS AND FINDINGS

Phase of Transmission and Reflection Results at Normal Incidence.

The phase characteristics of transmission and reflection coefficients are presented. The phase variation of the reflection coefficient clearly shows that the proposed FSS has two resonant frequencies ($f_l = 8.80$ GHz and $f_u = 9.54$ GHz). Also, a very sharp transmission null at 9.06 GHz is observed. The transmission characteristics of the proposed FSS structure are also investigated.

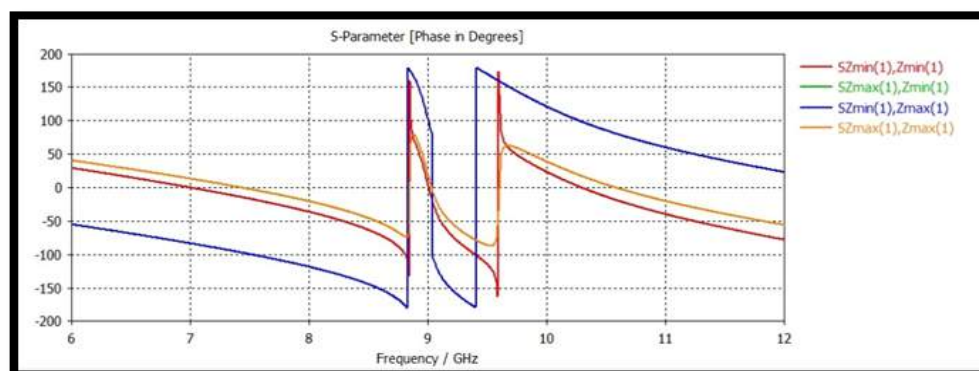


Figure 3: Simulated phase of transmission and reflection results at normal incidence

Frequency Response of the Structure

The figure below shows the simulated result of the frequency response of the proposed design structure and frequency characteristic of the dual-band is clearly observed. The Centre frequencies of the first and second bands are $f_1 = 8.80$ GHz and $f_u = 9.54$ GHz, respectively. The bandwidth of first and second operation bands are $BW_1 = 0.9$ GHz and $BW_2 = 1$ GHz, respectively.

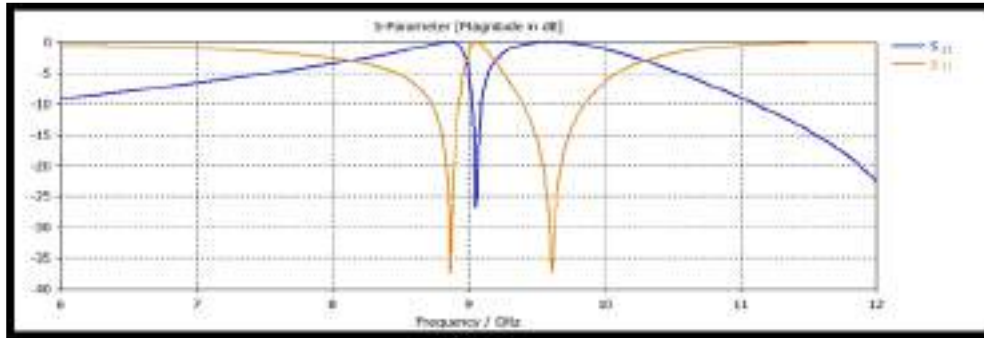


Figure 4: Simulated transmission and reflection coefficients results at normal incidence

Transverse electric (TE) polarized electric field distributions at $f_1 = 8.80$ GHz and $f_u = 9.54$ GHz

Transverse electric (TE) polarized electric field distributions at $f_1 = 8.80$ GHz and $f_u = 9.54$ GHz frequencies are presented in Fig. 5. As shown in Fig. 5a, strong electric fields are induced on the 2 and 3 numbered elements of the unit cell at $f_1 = 8.80$ GHz. It is clearly seen from Fig. 5b that electric fields are induced on the 1 and 4 numbered elements of the unit cell at the upper frequency ($f_u = 9.54$). Therefore, slot-2 and slot-3 control the lower frequency while the other slot elements control the upper frequency of operations. With this combination, the proposed FSS structure has dual-band characteristic.

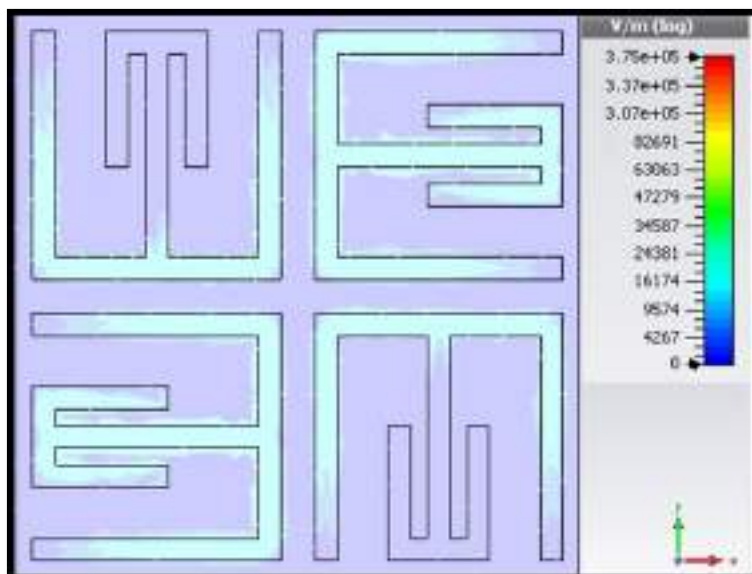


Figure 5: Simulated results of electric field distributions (a) 8.8 GHz

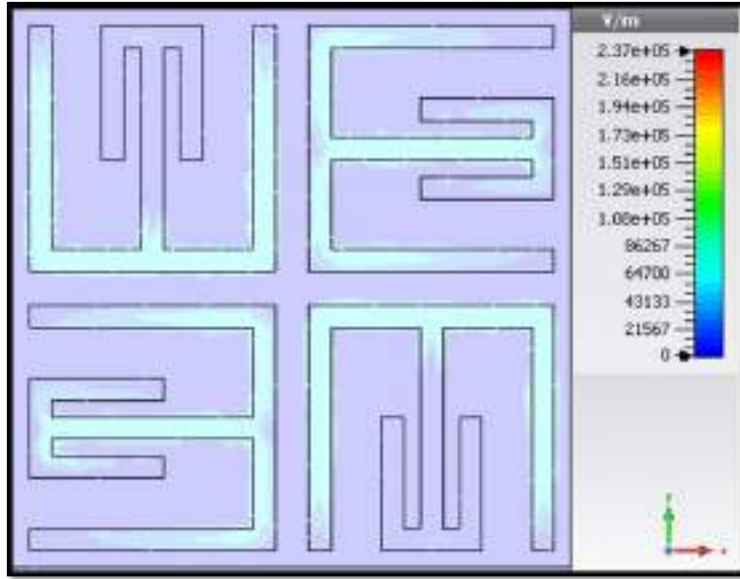


Figure 5: Simulated results of electric field distributions (b) 9.54 GHz

4. Conclusions

A dual-band FSS structure with very close operation of bands has been introduced. The proposed dual-band FSS structure is based on U-shaped compact slot resonators. The FSS was validated through EM simulations and measurements. The effects of several dimensions on the frequency performance have been investigated. Both EM simulations and measurements show that the proposed FSS operates at 8.8 and 9.54 GHz. Also, the EM simulations show that the designed FSS has a stable transmission response at oblique TE and TM polarization incidence.

Reference

Mitra, R., Chan, C.H., Cwik, T.: 'Techniques for analyzing frequency selective surfaces - a review', Proc. IEEE, 1988, 76, (12), pp. 1593-1615

Munk, B.A.: 'Frequency selective surfaces: theory and design' (Wiley-Interscience, New York, 2000)

Sung, G., Sowerby, K.W., Neve, M.J., Williamson, A.G frequency-selective wall for interference reduction in wireless indoor environments, IEEE Antennas Propag. Mag., 2006, 48, (5), pp. 29-37

Lin, X.Q., Cui, T.J., Fan, Y., Liu, X.: 'Frequency selective surface designed using electric resonant structures in terahertz frequency bands', J. Electromagn. Waves Appl., 2009, 23, (1), pp. 21-29.

Li, D., Xie, Y.J., Wang, P., Yang, R.: 'Applications of split ring resonances on multi-band frequency selective surfaces', J. Electromagn. Waves Appl., 2007, 21, (11), pp. 1551-1563

Taylor, P.S., Austin, A.C.M., Parker, E.A., et al.: 'Angular independent frequency selective surfaces for interference control in indoor wireless environments', Electron. Lett., 2012, 48, (2), pp. 61-62

Kiani, G.I., Olsson, L.G., Karlsson, A., Esselle, K.P.: 'Transmission of infrared and visible wavelengths through energy-saving glass due to etching of frequency-selective surfaces', IET Microw. Antennas Propag., 2010, 4, (7), pp. 955-961

De Siqueira Campos, A.L.P.: 'Analysis of FSS with dielectric losses at millimeter wave band using the transverse transmission line method', Int. J. Infrared Milli Waves, 2007, 28, (2), pp. 139-147

Qing, A.: 'Vector spectral-domain method for analysis of frequency selective surfaces', Progr. Electromagn. Res., PIER, 2006, 65, pp. 201-232

Pirhadi, A., Keshmiri, F., Hakkak, M., Tayarani, M.: 'Analysis and design of dual-band high directive EBG resonator antenna using square loop FSS as superstrate layer', Progr. Electromagn. Res., PIER, 2007, 70, pp. 1-20

Schennum, G.H.: 'Frequency-selective surfaces for multiple frequency antennas', Microw. J., 1973, 16, pp. 55-57

Weile, D.S., Michielssen, E.: 'Design of doubly periodic filter and polarizer structures using a hybridized genetic algorithm', Radio Sci., 1999, 34, (1), pp. 51-63

Vardaxoglou, J.C., Hossainzadeh, A., Stylianou, A.: 'Scattering from two layer FSS with dissimilar lattice geometries', IEE Proc. H, Microw. Antennas Propag., 1993, 140, (1), pp. 59-61

Salehi, M., Behdad, N.: 'A second-order dual X-/Ka-band frequency selective surface', IEEE Microw. Wirel. Compon. Lett., 2008, 18, (12), pp. 785-787

Hill, R.A., Munk, B.A.: 'The effect of perturbing a frequency selective surface and its relation to the design of a dual-band surface', IEEE Trans Antennas Propag., 1996, 44, (3), pp. 368-374

Parker, E.A., Vardaxoglou, J.C.: 'Plane-wave illumination of concentric ring frequency-selective surfaces', Proc. Inst. Electr. Eng. Microw. Opt. Antennas, 1985, 132, (3), pp. 176-180

Mingyun, L., Minjie, H., Zhe, W.: 'Design of multi-band frequency selective surfaces using multi-periodicity combined elements', J. Syst. Eng. Electron., 2009, 20, (4), pp. 675-680

in vitro ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF *CEDRUS LIBANI* A. RICHARD TAR

Hatice Aysun MERCIMEK TAKCI
Kilis 7 Aralık University
mersimek@hotmail.com

Filiz UCAN TURKMEN
Kilis 7 Aralık University
ucanfiliz@gmail.com

Fatma Esen SARIGULLU ONALAN
Kilis 7 Aralık University
esenefesari@hotmail.com

Mehmet SARI
Mersin University
xmehmetsarix@gmail.com

ABSTRACT: *Cedrus libani* A. Richard (*Pinaceae*) is grown in Toros mountains of South Turkey, Eastern Mediterranean, Western Syria, and Lebanon. Cedar tar obtained from *Cedrus libani* A. Richard woods by pyrolysis degradation is conventionally known as *katran*. It is used to fight bacteria, insects, fungi and parasites in veterinary medicine and to treat dermatological disorders in humans. In this study, inhibitor activity of cedar tar produced by conventional process was investigated against 5 clinical isolates. (*Proteus* spp, *Klebsiella* spp, *E. faecalis*, *B. subtilis* ve *C. albicans*). It was observed antimicrobial activity of cedar tar against all tested microorganisms.

Key words: *Cedrus libani* A. Richard, cedar tar, antimicrobial activity

CEDRUS LIBANI A. RICHARD (*SEDİR*) KATRANININ *in vitro* ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ

ÖZET: Güney Türkiye, Doğu Akdeniz, Batı Suriye ve Lübnan'daki Toros dağlarında yetişen *Cedrus libani* A. Richard (*Pinaceae*) çırallarının pirolitik parçalanması sonucu üretilen geleneksel katran, veterinerlikte bakteriler, böcekler, mantarlar ve parazitler ile savaşmak ve insanlarda yaraları ve dermatolojik bozuklukları tedavi etmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, geleneksel metotlarla üretilen sedir katranının 5 klinik izolata (*Proteus* spp, *Klebsiella* spp, *E. faecalis*, *B. subtilis* ve *C. albicans*) karşı inhibitör etkisi araştırılmıştır. Test edilen tüm mikroorganizmalara karşı sedir katranının antimikrobiyal aktivitesi gözlenmiştir.

Anahtar sözcükler: *Cedrus libani* A. Richard, sedir katranı, antimikrobiyal aktivite

GİRİŞ

Cedrus libani A. Richard (Sedir) Türkiye'nin en önemli endemik ağaçlarından biridir. Bu Toros sediri veya Lübnan sediri olarak da adlandırılmaktadır (Efe ve ark., 2016). Toros sediri ilk olarak Fransız botanikçi Achille Richard tarafından sınıflandırılmış olup, *Cedrus libani* ssp. *libani* (Lebanon Cedar-Lübnan sediri) ve *Cedrus libani* ssp. *stenocoma* (Turkish cedar- Türk sediri) olmak üzere iki alt türü bildirilmiştir (Bal ve ark; 2012). Sedir odun özütünün biyolojik aktivitesi, güzel rengi ve kokusundan dolayı mısırlılar tarafından dini (tapınakların taşıyıcı kirişi), lüks (saray, ev eşyaları, sandık, sütunlar, kapılar ve mobilya), çalgı aletleri, gemi, baraj ve set inşasında kullanıldığı bildirilmiştir (Bal ve ark; 2012; Efe ve ark., 2016).

Geçmişten günümüze kadar bu özütlerin kullanımı devam etmektedir. Geleneksel tıpta insan ve evcil hayvanların çeşitli hastalıklarının tedavilerinde sedir odunun siyah renkli özütü (katran) kullanılmasından dolayı bu ağaç halk arasında Katran ağacı olarak da bilinmektedir (Kurt ve ark., 2008; Bal ve ark; 2012).

Özellikle ülkemizde *Pinus sylvestris* ve *Cedrus libani* A. Rich. (Lübnan veya Toros sediri)' den elde edilen katran tarihsel açıdan önemli olup geniş uygulama alanına sahiptir. Geçmişte toprağa gömülen fırınlar kullanılırken, günümüzde katran modern laboratuvarlarda üretilmektedir (Arı ve ark., 2014). Türkiye'nin güneyinde sedir ağacından (*Cedrus libani*) elde edilen katran, çatılardan su sızmasının önlenmesi ve ahşap yapıların böcekler ve mantarlardan korunması için, kırsal kesimlerde kullanılmaktadır (Arı ve ark., 2014). Yara iyileştirici özelliği öncelikli olmak üzere, literatürde geleneksel olarak pek çok kullanım alanı bildirilmiştir: (Kurt ve ark., 2008; Bal ve ark; 2012; Arı ve ark., 2014; Efe ve ark., 2016; Avcı ve Özen, 2016; Pekgözlü ve ark; 2017)

Kemik iliği iltihabı, idrar yolu ve çocuklarda kulak infeksiyonları, nezle, öksürük, astım, bronşit,

Egzema, mantar, akne, uyuz, sedef, saç kıran gibi dermatolojik hastalıklar için antiseptik; topikal antifungal, hayvanlarda ağız ve ayak yaraları, kurtlara maruz kalmış yaraların iyileştirilmesinde,

Sindirim sisteminin endo-parazitlerinden korunması, çocuklarda mide ağrısının engellenmesi, ülser tedavilerinde,

Keçi sütünden *Mycoplasma agalactiae* bakterisinin uzaklaştırılması ve koyunlarda keleş hastalığının önlenmesi için,

Kene, pire, sivrisinek, yılan, fareler, örümcek, akrelerin püskürtülmesi için

Katranın kalitesi ahşabın içindeki reçine miktarı, ağacın yaşı ve üretim için kullanılan yöntemle göre değişmektedir. Laboratuvar ortamında üretilen yüksek kalitede katran, sabun, krem ve şampuan gibi pek çok kozmetik ürünün içeriğinde yer almaktadır.

Çalışmamızda Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinde Mersin Mut ilçesinin Güme köyünde geleneksel olarak üretilen sedir katranının klinik izolatlar üzerinde *in vitro* antimikrobiyal aktivitelerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Bitki Materyallerinin Toplanması ve Hazırlanması

Çalışmamızda Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinde Mersin Mut ilçesinin Güme köyünde geleneksel olarak üretilen sedir katranı kullanılmıştır (Şekil 1). Geleneksel üretim Şekil 2'de gösterilmiştir. Geleneksel yöntemle elde edilen sedir katranı,

pirolizis olarak ifade edilen oksijen yokluğunda biyokütlenin termal dönüşümü ile elde edilmiştir.



Şekil 1 Sedir katranının elde edildiği bölge



Şekil 2 (a) Biri kapaklı iki metal kutu kullanıldı.

(b) Kapaklı metal kutunun taban kısmının ortasına bir delik açılıp püresi çıkarılacak sedir ağacından kıyılan çıralar bu teneke içine yerleştirildi ve ağzı iyice kapatılır.



(c) Ateş çukurunun ortasına metal kutunun sığacağı bir çukur açılıp çukura önce kapaksız metal kutu (toplama kabı), üzerine hava boşluğu kalmayacak şekilde altı delik metal kutu yerleştirildi.

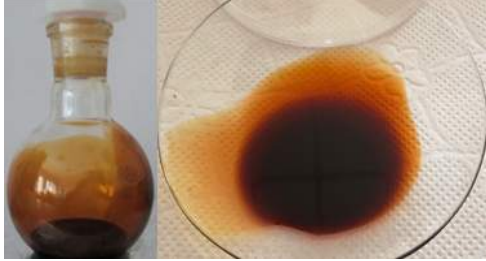
(d) Toplama kabı çukurun altında kalacak şekilde kapatılır.



(e) Yüksek sıcaklığa gelene kadar yakma işleminin gerçekleştirildi (1-2 saat kadar)

(f) İki tenekenin etrafındaki külleri ve toprağı dikkatlice temizlendi ve toplama kabının içinde sedir katranı elde edildi
(<http://www.practicalprimitive.com/skillofthemoth/birchtar.html>)

Pirolizis ile elde edilen sedir katranı, saf olarak kabul edilmiş ve özütün konsantrasyonu %100 olarak kabul edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. %100 saflıkta sedir katranı

Antimikrobiyal Aktivitenin Belirlenmesi

4 bakteri (*Proteus sp*, *Klebsiella sp*, *E. faecalis*, *B. subtilis*) ve 1 mantar (*C. albicans*) klinik izolatlarına karşı sedir katranının antimikrobiyal aktivitesi Kirby-Bauer agara difüzyon yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. İzolatlar Kilis Devlet Hastanesi Mikrobiyoloji Bölümü'nden temin edilmiştir. Pozitif kontrol olarak standart vankomisin (SD045-5CT 30 mcg/disk) ve tetrasiklin (Himedia SD037-1CT 30 mcg/disk) antibiyotikleri kullanılmıştır. Mikroorganizmaların eküvyon çubuğu ile Mueller Hinton Agar (MHA)/Potato Dekstroz Agar (PDA) besiyerlerine yayma kültür şeklinde inoküle edilmiştir. Agarda kuyucuklar açılarak, kuyucukların dibine özütün yayılmaması için yarı katı agarlardan 20 µL ilave edilmiştir. 30 µL sedir katranı kuyucuklara eklendikten sonra 37°C'de 12-24 saat inkübe edilen petri plaklarında, kuyucukların etrafında mikroorganizmaların üremediği inhibisyon zonları ölçülmüştür. Ve antimikrobiyal aktivite mm cinsinden hesaplanmıştır. Minimal inhibisyon konsantrasyon analizlerinde 5 farklı sedir katranı konsantrasyonu (%50, 10, 5, 1 ve 0.1) test edilmiştir. Her bir konsantrasyondan 30 µL emdirilen steril boş diskler, yayma kültür şeklinde hazırlanan petri plaklarına aktararak sürdürülmüştür.

BULGULAR

Sedir katranının test mikroorganizmaları üzerindeki inhibisyon etkisi Tablo 1'de verilmiştir. Tablodaki verilere göre katranın klinik test izolatlarının tümüne karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği gözlenmektedir.

Tablo 1. Sedir katranının antimikrobiyal aktivitesi (mm cinsinden)

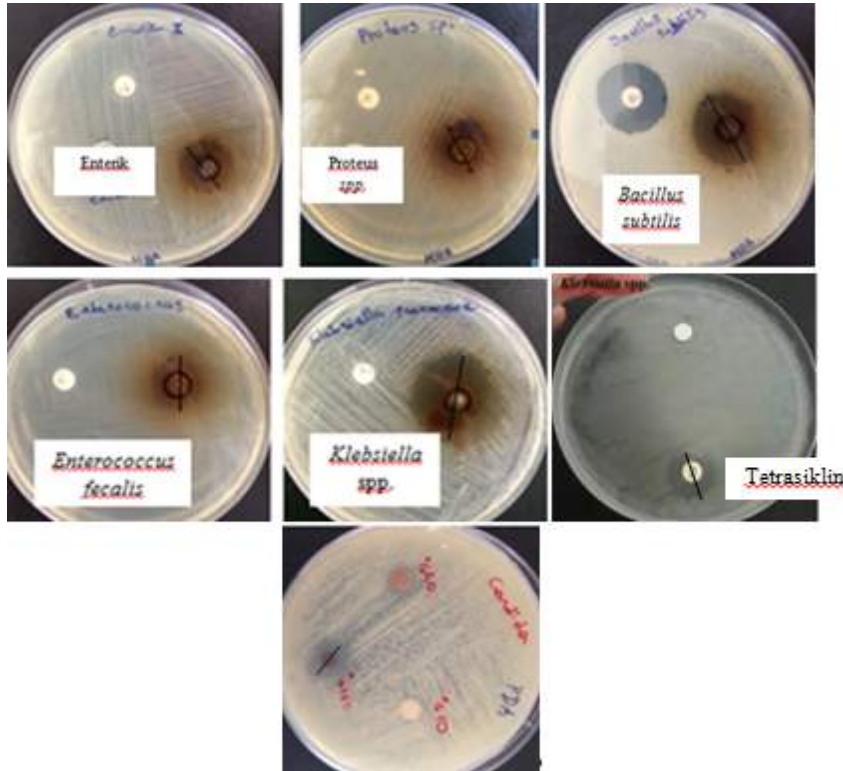
	<i>Enterik</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>Klebsiella spp.</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>Proteus spp.</i>	<i>C. albicans</i>
Sedir katranı	15	23	25	20	15	13

Vankomisin	6	22	-*	15	-*	-*
Tetrasiklin			16			

*Agar plaklarında inhibisyonu zonu gözlenmemiştir

Sedir katranının söz konusu klinik izolatlar üzerindeki inhibitör etkisi 13-25 mm zon çapları arasında belirlenmiştir. 25 mm zon çapı ile en yüksek inhibitör etki *Klebsiella* spp.'ye karşı gözlenirken, en düşük etki *C. albicans*'a karşı belirlenmiştir (13 mm). İnsan boğaz florasının bir üyesi olan fırsatçı patojen *Candida* türleri son yıllarda özellikle yoğun bakım ünitelerinde transplantasyon uygulanan ve bağışıklık baskılayıcı ilaçlarla tedavi edilen, bağışıklık yetmezliği ve viral enfeksiyon hastalarında yaygın olarak görülmektedir. Enfeksiyon etkeni bu türlerin dağılımına bakıldığında *C. albicans* türü öne çıkmaktadır. *C. albicans*'a karşı katran her ne kadar en düşük inhibitör etki göstermiş olsa da bu türe karşı kullanılan antifungal ilaçların etkisini arttırabilmek için yardımcı ajan olarak preparatlarda yer bulabilecektir.

Sedir katranının hem maya hem de Gr pozitif ve negatif bakterilere karşı belirlenen inhibitör etkisi oldukça ilginçtir (Şekil 4). Farklı izolatlar üzerinde gözlenen bu aktivitenin oldukça geniş spektrumlu bir etki alanı olduğu söylenebilmektedir. Özellikle Gr negatif bakterilerin hücre duvarına nüfuz etmediği için, Gr pozitifler üzerinde daha etkili vankomisin antibiyotiklerinin sedir katranının *B. subtilis* ve *E. fecalis*'e karşı gösterdiği inhibisyonundan daha az olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4. Klinik izolatlara karşı sedir katranının inhibitör etkisi

Enterobacteriaceae üyesi *Klebsiella* spp.'nin etken olduğu hastane infeksiyonlarının insidansındaki artışlar, bu bakterinin antibiyotiklere karşı direncinden kaynaklanmaktadır. Standart olarak kullanılan antibiyotikçe karşı gözlenen inhibitör etkinin yüksek olması sedir katranının bu bakteriye karşı klinik preparatlarda

kullanılabileceğini göstermektedir. *Klebsiella* spp. üzerinde iki standart antibiyotik çalışılmış olup, Gr negatif bakteriler üzerinde etkili protein sentezi inhibitörü tetrasiklin antibiyotığının gösterdiği 16 mm zon çaplı antimikrobiyal aktiviteye karşın sedir katranı bakteri üzerinde daha etkili aktivite (25 mm) göstermiştir. *B. subtilis* saman basili olarak da bilinmektedir. Ve özellikle hayvancılıkla uğraşan bireylerde göz iltihabı etkenidir. Enfeksiyon tablolarına bakıldığında sedir katranının bu patojenlere karşı bilinmeden de olsa geleneksel terapide yaralarda lokal kullanımı sonuçlarımızı desteklemektedir.

Sedir katranının antimikrobiyal aktivitesini takiben, test mikroorganizmalarının tümü için üremenin engellendiği en düşük konsantrasyon belirlenmiştir. Minimal inhibisyon konsantrasyon testi sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Sedir katranının minimal inhibisyon konsantrasyon analiz sonuçları (mm cinsinden)

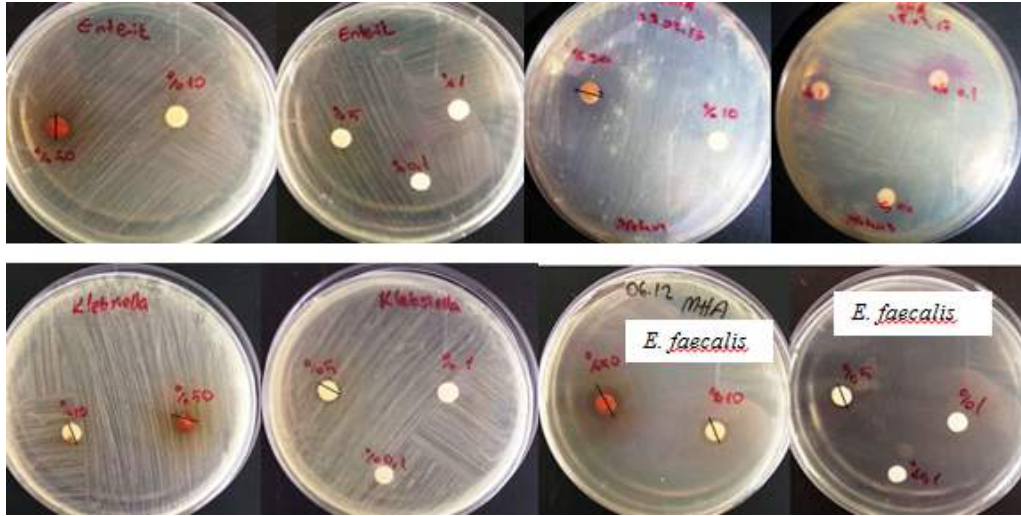
	Sedir katranı konsantrasyonu (%)				
	50	10	5	1	0.1
<i>C. albicans</i>	~*	~*	~*	~*	~*
<i>B. subtilis</i>	~*	~*	~*	~*	~*
<i>Enterik bakteri</i>	9	~*	~*	~*	~*
<i>Proteus spp.</i>	10	~*	~*	~*	~*
<i>Klebsiella spp.</i>	9	8	7	~*	~*
<i>E. faecalis</i>	13	10	9	~*	~*

*Agar plaklarında inhibisyonu zonu gözlenmemiştir

Sedir katranının test edilen konsantrasyonlarında, *C. albicans* ve *B. subtilis*’e karşı antimikrobiyal aktivite karakteristiğini kaybettiği belirlenmiştir (Şekil 5). %1 ve 0.1 konsantrasyonlarda diğer test bakterilerine karşı da antimikrobiyal aktivitenin gözlenmediği belirlenmiştir. Konsantrasyonun azalmasına bağlı olarak inhibisyonun azaldığı gözlenmekte olup, *Enterik bakteri* ve *Proteus spp* için minimal inhibisyon konsantrasyonu %50 olarak belirlenirken (Şekil 6), diğer test bakterileri için bu değer (*C. albicans* ve *B. subtilis* hariç) ise %5’tir. Özellikle hastane enfeksiyonu etkeni ve yatay gen transferi sonucu çoklu antibiyotik direnci gösterebilen *Klebsiella* spp. izolatu üzerinde %5’lik konsantrasyonda inhibitör etkenin korunması bu bakteri kaynaklı hastalıkların tedavisinde oldukça önemlidir.



Şekil 5. *C. albicans* ve *B. subtilis*’e karşı test edilen konsantrasyonların antimikrobiyal aktivitesi



Şekil 6. Enterik ve *Proteus* spp., *Klebsiella* spp., ve *Enterococcus faecalis*'e karşı test edilen konsantrasyonların antimikrobiyal aktivitesi

İnsan bağırsak florası üyesi *Proteus* spp., hastanede diğer bakteriler ile birlikte ortak enfeksiyon etkeni olarak tanınmaktadır. Özellikle idrar yolu ve yara enfeksiyonlarında rastlanan bu bakteriye karşı standart antibiyotiği inhibitör etki göstermezken, 15 mm zon çapı ile sedir katranında gözlenen inhibisyon oldukça önemlidir. Sedir katranın bakteri hücreleri üzerindeki inhibitör etki mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Ancak vankomisin antibiyotiğinin etki mekanizması arttırabilmek için preparatlarda birlikte kullanımı söz konusu olabilecektir. Bu organizmaya karşı gözlenen MIC değer %50 olup, 9 mm zon çapı ile inhibitör etki gözlenmiştir. Sindirim sisteminin florasında yer alan *Enterococcus faecalis* pelvik ve üriner sistem enfeksiyonlarının direkt sorumlusu olup birçok antibiyotiğe karşı direnç göstermektedir. Bu bakteriye karşı sedir katranı standart antibiyotikle karşılaştırıldığında, daha yüksek inhibisyonu zonu (20 mm) göstermiş olup, MIC analizinde *Klebsiella* spp.'ye benzer şekilde %5'lik konsantrasyonda antimikrobiyal aktivitenin devam ettiği gözlenmektedir. Enterik bakteri olarak tanımlanan bağırsak florasının üyesi gr negatif bakteriye karşı 15 mm zon çapı ile vankomisin antibiyotiğinin gösterdiği inhibitör etkiden (6 mm) daha yüksek etki gözlenmiştir.

Sedir ağacının yaprakları ve odunsu kısmının özütleri çıkarılarak yapılan antimikrobiyal aktivite analizleri literatürde yer almaktadır. Ancak geleneksel yöntemlerle üretilen sedir katranına yönelik antimikrobiyal metotların sınırlı olması çalışmamızın önemini arttırmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinde Mersin Mut ilçesinin Güme köyünde geleneksel olarak üretilen sedir katranının Kilis 7 Aralık Devlet Hastanesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı'ndan temin edilen klinik isolatlar üzerinde *in vitro* antimikrobiyal aktivitesi incelenmiştir. 5 klinik izolata (*Proteus* sp, *Klebsiella* sp, *E. faecalis*, *B. subtilis* ve *C. albicans*) karşı inhibitör etkisi araştırılmış olup test edilen tüm mikroorganizmalara karşı sedir katranının antimikrobiyal aktivitesi gözlenmiştir. En yüksek inhibitör etki *Klebsiella* spp.'ye karşı 25 mm zon çapı ile gözlenirken, en düşük

etki *C. albicans*'a karşı belirlenmiştir (13 mm). MIC analizleri sonucunda, konsantrasyona bağlı olarak her bakteriye karşı gözlenen inhibitör etki değişmesine karşın %5 gibi düşük konsantrasyonda dahi inhibitör etki belirlenmiştir.

ÖNERİLER

Sedir katranının *in vitro* antimikrobiyal ve antimutajenite çalışmalarımızın sonuçları (Mercimek Takcı ve ark., 2018) geleneksel yöntemle elde edilen bu ürünün tıbbi preparatlarda kullanılmaya değer olduğunu göstermektedir. Ancak halk arasında yara iyileştirici, antimikrobiyal ve antiparazitik ve antifungal özellikleri bilinen sedir katranı gibi pek çok bitkisel kökenli kimyasal maddenin kullanılmadan önce karsojenite, genotoksisite ve *in vivo* mutajenite gibi risk faktörlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Arı, S., Kargıoğlu, M., Temel M., Konuk M., 2014. Traditional Tar Production from the Anatolian Black Pine [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pallasiana*] and its usages in Afyonkarahisar, Central Western Turkey. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 10:29, 2-9.
- Avcı, A., Özen, R., 2016. Kara Hekim: Katran'ın Antalya Veteriner Hekimliği Folklorunda Hayvan Hastalıklarının Tedavisinde Kullanımı, F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg., 30 (1): 39 – 44.
- Bal, B.C., Bektas, I., Kaymakçı, A., 2012. Toros Sedirinde Genç Odun ve Olgun Odunun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15:2, 17-27.
- Efe, F.T., Bal, B.C., 2016. Tar Production from Cedar Wood (*Cedrus Libani* A. Richard) and the Usage Areas of Cedar Tar in Folk Medicine. Workshop and MC Meeting Antalya.
- Kurt, Y., Kacar M.S., Isik, K., 2008. Traditional Tar Production from *Cedrus libani* A. Rich on the Taurus Mountains in Southern Turkey. Economic Botany, 62:4, 615-620.
- Mercimek Takcı, H.A., Türkmen Ucan, F., Sari M., 2018. *In vitro* Antimutagenic Activity of Cedar (*Cedrus libani* A. Rich) Tar in The Salmonella/Microsome Assay. III. Uluslararası Mesleki Ve Teknik Bilimler Kongresi, 21-22 Haziran 2018, Gaziantep P:103
- Pekgozlu A.K., Kustas, S., Mercan B., Bicer A., 2017. Chemical Characterization of Lebanon Cedar Tar, Drvna Industrija 68 (2) 107-112.

CURRENT ENERGY POTENTIAL OF THE MEDITERRANEAN SEA

Abdulla SAKALLI

Iskenderun Technical University, Institute for Energy, Merkez Kampus, Iskenderun, Hatay
abdulla.sakalli@iste.edu.tr

Mehmet Ugur GUCEL

Iskenderun Technical University, Faculty of Marine Science and Technology, Meydan Mah. 512 Sk. Iskenderun, Hatay
mgucel.mfbe18@iste.edu.tr

ABSTRACT: With the increasing demand for energy after the industrial revolution, use of fossil fuels has increased rapidly. The world has started to warm up as a result of the greenhouse gas emissions which caused by the increasing use of fossil fuels. Therefore, nowadays, important are being taken in the use of renewable energy. One of the renewable energy sources, current energy is formed as a result of circulations and tidal movements in the oceans. In addition, sea surface temperature, salinity, wind speed, sea-atmosphere interactions mainly effect of current systems. Different studies estimated that potential current energy available in the Mediterranean Sea. The Sea is connected to the Atlantic Ocean with Gibraltar Strait, also communicates with Red Sea through the Suez Channel complex thermohaline, wind and water flux-driven multi-scale circulation with interactive variabilities. In this study we used ROMS (regional ocean modeling system) for simulated current velocity and potential in the Sea. The data has 1x1 km high spatial and daily temporal resolution. As a result of the study, current system is continuously in the Sea and daily current velocity at some points about 0.6 m/s and potential current power 2.6 megawatt. Furthermore, by following the coast of Africa through until coast line of Turkey current flows, has huge amount of energy that can be produced with turbine system.

Key words: renewable energy, current system, ROMS, Mediterranean Sea, modelling

INTRODUCTION

Since the industrial revolution due to excessive burning fossil fuels, Earth Systems energy balance has changed. Earth's energy imbalance which has caused by human activity, clearly caused global warming (Schuckmann et al., 2016). Fossil fuels leads to approximately 74% of all CO₂ emissions in the Earth (Moriarty et al., 2012). Nowadays, most energy supplies are mainly depend on fossil fuels, but this situation has to change in the future (Mathiesen et al., 2015). In recent years, renewable energy sources have become a very reliable option to supply increasing energy demand of societies. Until 2050, the share of renewable energy sources in electricity production will increase by 39% (Bhattacharya et al., 2016). Marine current energy one of the renewable energy

sources and it has the potential to play a crucial role in the future energy supply in many countries around the world. Marine currents are produced from tidal movements and ocean circulation. Furthermore, various discharge of rivers, sea surface temperature, salinity levels, wind speed affect the local currents. Marine current system has a very high kinetic energy potential and this energy is used through various technologies (Rourke et al., 2010). A study indicates that thanks to only 0.1% percent of ocean current energy will supply about 5 time much kinetic energy than all world energy requirement (Rahman et al., 2014). The Mediterranean Sea has an average depth of 1500 meters and is connected to the Atlantic Ocean with Gibraltar Strait, also communicates with Red Sea through the Suez Channel (Schroeder, 2018). The Sea is recognized by high biodiversity, complex thermohaline, wind and water flux-driven multi-scale circulation with interactive variabilities (Bonanno et al., 2018). The Sea because of transition region between tropical and mid-latitude differences, due to susceptible and hot spot effects of climate change (Gogou et al., 2016). Various studies indicate surface fresh water budget and discharge of river in the Sea affected in the last decades, this situation will change water mass properties and circulation (Schroder, 2018). Different studies indicate potential energy capacity of the Mediterranean Sea average 37 gigawatt yearly (World Energy Council, 2016).

METHODS

Study Area and Data

The Mediterranean Sea have a very high spatial and temporal variability at all extents, from small turbulence to basin scale processes (Milot, 1999). The Sea circulation has clearly and robust connection with primary production which crucial to local fisheries (McCall, 2008). Atlantic water entering the Sea with the Gibraltar Strait which circulates owing to temperature and salinity increasing from west to east in whole basin. In this study, we used ROMS (regional ocean modeling system) which provides the most robust algorithms and parameterizations in ocean modeling, furthermore, it is active and continuous development of source code and widely used for regional, high-resolution simulations. To visualization of currents data, we used climate data operator software version 1.6.0 (CDO, 2015). The data has 1x1 km high spatial and daily temporal resolution.

RESULTS AND FINDINGS

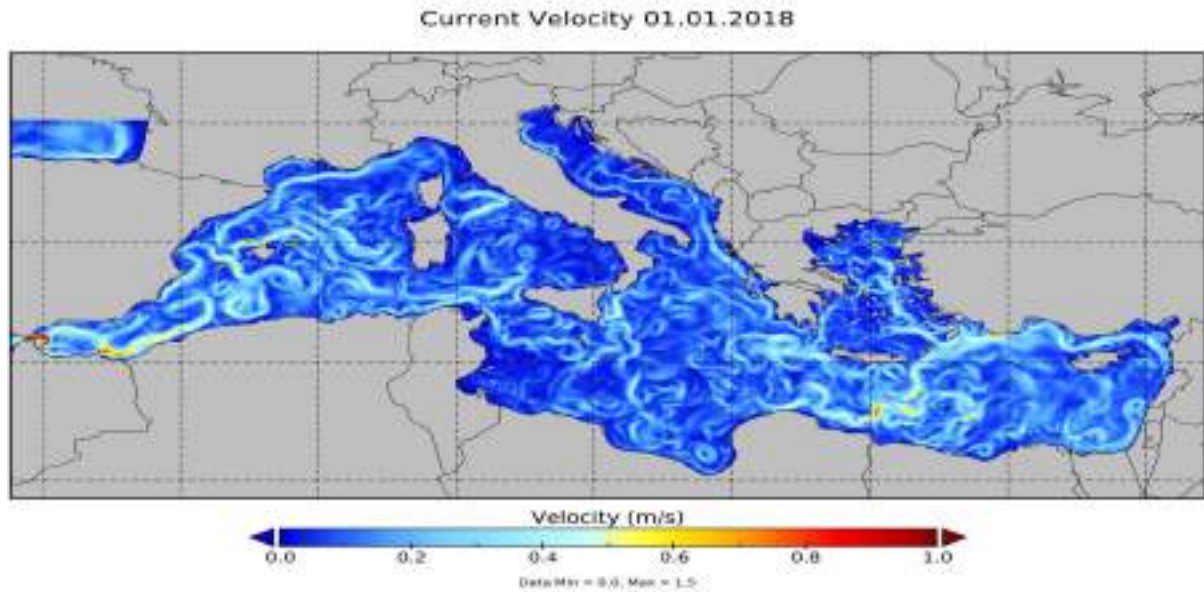


Figure 1. High Resolution A Daily Mean Current Velocity [m/s]

As seen in the Figure (1), a part of the stream entering the Gibraltar Strait moving continuously along the African coasts up to the Levantine basin. Moreover, current velocity is very high in some parts of the Mediterranean and the Aegean Sea. Furthermore, speed of throughout coast of Turkey continuously current line velocity is approximately 0.6 m/s in gulf of Iskenderun.

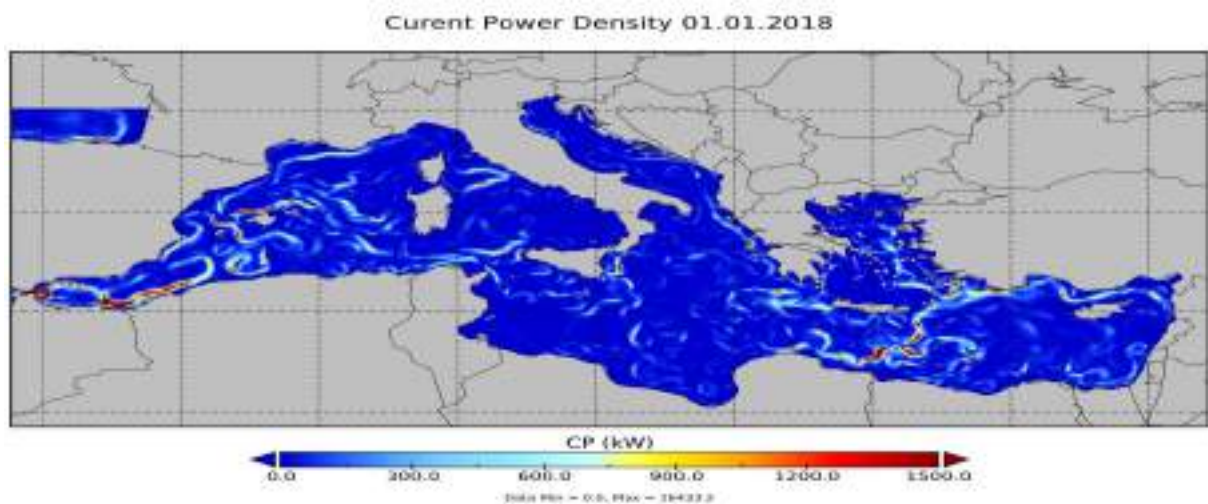


Figure 2. High Resolution Daily Potential Current Energy [kW]

Amount of daily energy stream in the Mediterranean and Aegean Sea that can be obtained from current energy turbine with a wingspan of 3.5 meters are shown in the

Figure (2). According to this study, at some points daily maximum current power that can be produced 2.6 megawatt.

CONCLUSION

Marine current energy has an important place among renewable energy resources. In recent years, various studies estimate that current energy potential of the Mediterranean Sea is very huge. In this study, we aim to determined daily mean current velocity and potential current energy 1x1 km high spatial and temporal resolution. As a result of the study, we determined continuously current flows are present in the Mediterranean Sea and the Aegean Sea. It is important to mention that at some points of the Mediterranean Sea daily current velocity about 0.6 m/s and potential current power 2.6 megawatt.

REFERENCES

- Bhattacharya, M., Paramati, R. S., Ozturk, I., Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 162, 733-741
- Bonanno, A., Zgozi, W. S., Jarbou, O., Mifsud, R., Ceriola, L., Basilone, G., Arneri E. (2018). Marine ecosystems and living resources in the Central Mediterranean Sea: an introduction. *Hydrobiologia*, 821: 1-10.
- CDO (2015): Climate Data Operators. Available at: <http://www.mpimet.mpg.de/cdo>
- Gogou, A., Triantaphyllou, M., Xoplaki, E., Izdebski, Parinos, C., Dimiza, M., Bouloubassi, I., Luterbacher, J., Kouli, K., Martrat, B., Toreti, A., Fleitmann, D., Rousakis, G., Kaberi, H., Athanasiou, M., Lykousis, V. (2016). Climate variability and socio-environmental changes in the northern Aegean (NE Mediterranean) during the last 1500 years. *Quaternary Science Reviews*, 136, 209-228.
- Mathiesen, V., B., Lund, H., Connolly, D., Wenzel, H., Østergaard, A.P., Möller, B., Nielsen, S., Ridjan, I., Karnøe, P., Sperling, K., Hvelplund, K. F. (2015). Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions. *Applied Energy*, 145, 139-154.
- McCall, J.M., (2008). Primary production and marine fisheries associated with the Nile outflow. *Earth Environ.* 3, 179-208.
- Millot, Claude. (1999). Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems*, 20, 1-4, 423-442.
- Moriarty, P., & Honnery, D. (2012). What is the global potential for renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 244-252.
- O'Rourke, F., Boyle, F., Reynolds, A. (2010). Marine Current Energy Devices: Current Status and Possible Future Applications in Ireland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 3, 1026-1036.
- Rahman, N., Badshah, S., Rafai, A., Badshah, M. (2014). Literature Review of Ocean Current Turbine. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5, 11
- Schroeder, K. (2018). Current Systems in the Mediterranean Sea. *Encyclopedia of Ocean Sciences*, 3rd Edition <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11296-5>



Schuckmann, V. K., Palmer, D. M., Trenberth, E. K., Cazenave, A., Chambers, D., Champollion, N., Hnasen, J., Josey, A. S., Loeb, N., Mathieu, -P. P., Meyssignac, B., Wild, M. (2016) An imperative to monitor Earth's energy imbalance. *Nature climate change*, DOI: 10.1038/NCLIMATE2876

World Energy Council, Marine Energy Resources (2016).

EFFECTS OF POSTHARVEST GAMMA AMINO BUTIRIC ACID THE TREATMENT ON 'HİCAZNAR' POMEGRANATE FUNGAL ROT AND CHILLING INJURY

Şeyma HİÇYILMAZ
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
seymahicyilmaz@gmail.com

Ayşe Tülin ÖZ
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
aysetulinoz@osmaniye.edu.tr

ABSTRACT: In this study, three different concentrations of control (0mM), 2.5mM (GABA I) and 5mM (GABA II) were applied to 'Hicaznar' pomegranate fruit for 10 minutes at 10 ° C after being packaged in 250 gr PVPP canisters. Were stored for 20 days in cold air storage at 90% $\pm$ 5 relative humidity conditions. The physical, physiological (chilling injury), chemical (SCKM, TA, pH, phenol, DPPH, organic acids, sugars) and microbial quality effects were determined during 4 days intervals during 20 days of storage to determine the effects of the application on the applied pomegranate fruit pods. According to our findings, it was determined that weight loss of GABA applied to pomegranate pomegranate fruit after sowing did not have a significant effect on O₂ / CO₂ (%) change of gas composition measurement. It was determined that the amount of phenolic and flavonoid substance especially in fruits subjected to GABAI application increased compared to other applications. In addition, it has been determined that fruit cold damage, which is an important physiological damage limiting the pomegranate preservation, is limited by GABA applications. According to the microbiological analysis results, the increase of total mesophilic aerobic bacteria in the pomegranate granules applied to GABA on bacterial, yeast and mold growth was found to be limited when the control group was compared with the fruit grains.

Key words: 'Hicaznar', GABA, chilling injury, fungal decay

'HİCAZNAR' NAR MEYVELERİNDE DERİM SONRASI FUNGAL BOZULMALAR VE ÜŞÜME ZARARININ KONTROLÜ ÜZERİNE GAMMA-AMİNOBÜTİRİK ASİT UYGULAMASININ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET: Bu çalışmada, 'Hicaznar' nar meyvelerine 10 dakika süreyle üç farklı konsantrasyonda kontrol (0mM), 2.5mM (GABA I) ve 5mM (GABA II) uygulaması yapılmış ve uygulama yapılan meyve taneleri 250 gr PVPP kutulara koyularak ambalajlandıktan sonra 5°C'de % 90 $\pm$ 5 nispi nem koşullarında soğuk hava deposunda 20 gün süreyle depolanmıştır. Uygulamaya tabi tutulan nar meyve tanelerinde uygulamanın etkilerini belirlemek amacı ile 20 günlük muhafaza süresince 4 gün aralıklarla yapılan fiziksel, fizyolojik (üşüme zararı), kimyasal (SÇKM; TA, pH, fenol, DPPH, organik asitler, şekerler) ve mikrobiyal kalite etkisi belirlenmiştir. Bulgularımıza göre derim sonrası tanelenmiş nar meyvelerine yapılan GABA uygulamalarının ağırlık kaybı, gaz bileşimi ölçümü O₂/CO₂ (%) değişimi üzerinde

anamlı bir etkisi olmadığı belirlenirken, GABA II uygulaması yapılan meyvelerde özellikle fenolik ve flavonoid madde miktarının diğey uygulamalara göre artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca nar muhafazasını sınırlandıran önemli bir fizyolojik zarar olan meyve üşüme zararının GABA uygulamalarıyla daha sınırlı kaldığı belirlenmiştir. Yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre, bakteri, maya ve küf gelişimi (fungal bozulma) üzerinde GABA uygulanan nar tanelerinde toplam mezofilik aerobik bakteri miktarının kontrol grubu meyve taneleri ile kıyaslandığında artışın daha sınırlı kaldığı belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: ‘Hicaznar’, GABA, üşüme zararı, fungal bozulma

GİRİŞ

Türkiye nar üretim miktarı 502,6 ton (TÜİK 2017) ile önemli bir nar üreticisi durumundadır. Mayhoş nar çeşitlerine göre ‘Hicaznar’ nar çeşidi hem iç hem de dış pazarda tüketicinin istediğı özelliğey sahiptir. Akdeniz, Çin, Hindistan, ABD ve Meksika ve Ortadoğuy gibi birçok ülkede yetiştirilmektedir (Öz ve Ulukanlı 2011).

Yapılan arkeolojik kazılarda nar meyvesinin çok eski kültürey dayandığı ve anavatanın Ön Asya olduğu tespit edilmiştir. Dünya’da nar meyvesi tropik ve subtropik iklimlerin olduğu alanda yetiştirilmektedir (Abbasoğluy, 2016).

Avrupa ülkeleri narı egzotik meyve, Arap ülkeleri ise kutsal meyve olarak görmekte ve serinletici etkisinden dolayı nar meyvesine talep artmaktadır. Nar meyvesi İslamiyet, Hristiyanlık ve Musevilik gibi tüm kutsal kitaplarda adından bahsedilen özel anlamlar içeren meyvedir (Özgüven, vd.,2015).

Dünya’da en çok nar üretimi yapan ülkeler arasında İran, Türkiye, Pakistan, Azerbaycan, İspanya yer alır. Nar ihracatı yapan ülkeler ise Türkiye, Tunus, Hindistandır. İthalat yapan ülkeler arasında Amerika, Hollanda, Almanya, Ukrayna, Rusya gelmektedir (Yuksekkaya, 2013).

Punicaceae familyasına ait nar (*Punica granatum*) meyvesinin bilimsel adı Latince tane ve elma anlamına gelen kelimelerden türetilmiştir. Pek çok kültürde iyilik, şans ve bolluk getirdiğine inanılmakta ve hatta dini kaynaklarda kutsal meyve olarak anılmaktadır. ‘Ölümün meyvesi’ tabiriyle Eski Yunan kaynaklarında rastlanılmaktadır (Ozdemir 2015).

Türkiye’de nar üretiminin artmasında ‘Hicaznar’ nar çeşidinin büyük katkısı olmuş, bu çeşit son yıllarda en fazla dikimi yapılan nar çeşidi olup büyük çoğunluğuy Akdeniz bölgesinde gerçekleştirilmektedir (Ak, vd., 2013).

Nar üretim miktarında görülen hızlı artışa paralel olarak, ihracat miktarında da (Çizelge 1.1) önemli artışlar yaşanmıştır. Bu artışa yetiştirme, taşıma, depolama ve işleme kalitesinin artması neden olmuştur. Üretimde artan miktarla beraber pazarlamada bir takım olumsuzluklar yaşanmıştır. Üretimin hem iç hem de dış pazarda artmasında kaliteli ve daha uzun süreli depolama olanakları etkili olmuştur. Meyvenin depolanmasında patolojik, fizyolojik ve kalite değişimleri önemli etmenlerdir (Türk ve Şen 2017).

Nar, yaklaşık % 80 lezzetli meyve suyu ve % 20 yenilebilir tohum içeren tanelerle doludur. Yenilebilir kısım olan tanelerde önemli miktarda organik asit, çözünür kuru madde, vitaminler, polisakaritler, yağlı asitler ve mineral elementler bulunarak besin

maddeleri bakımından zengindir. Nar geniş etnomedikal geçmişi ve muazzam çeşitliliği barındıran, biyolojik olarak aktif, besleyici olmayan, sekonder metabolitler bakımından zengin bir meyvedir (Öz ve Ulukanlı, 2011).

Nar içeriğinde bulunan polifenolik maddeler, antioksidanlar, C vitamini, reçineli maddeler, flavanoid ve alkoloidler bakımından zengin bir meyve olup öksürük, mide yanmaları, kabızlık, kusmayı kesme, ishali önlemede rol oynar. Ayrıca yüksek tansiyonlu hastalarda kan basıncını düşürücü, kalp damar ve kanser hastalığını önleyici etkileri bilimsel araştırmalarla kanıtlanmış ve fonksiyonel gıdalar grubuna alınmıştır (Karaca, 2013).

İnsanların beslenmesinde ve hastalıklara geleneksel olarak uygulanmasında önemli meyve çeşididir. Nar meyvesi ülkemizde genelde taze olarak tüketilmesinin yanında nar suyu, şurup, nar ekşisi, reçel, nar tane kurusu, konserve, şarap, likör vb. şekillerde tüketilmektedir. Salatalara ve yemeklere renk ve tatlandırıcı olarak genellikle nar ekşisi kullanılmaktadır. Yemek sektörü dışında ilaç, kozmetik, kimya sanayinde mürekkep, boya, sirke, sitrik asit, kolonya üretiminde faydalanılmaktadır. Narın dallarından örme sepet, çekirdeklerinden ise baharat üretilmektedir (Güler, 2016).

Son yıllarda tüketici rahatlığı ve değişimi nedeniyle minimum işlenmiş meyveler için pazar talebi çok büyük bir artış göstermekle birlikte, Uluslararası Taze Kesilmiş Ürünler Birliği az işlenmiş ve taze kesilmiş ürünleri orijinal formundan farklı olarak soyulması, kesilmesi, yıkama, kurutma ve paketlenme işlemleri her ne kadar tüketiminde kolaylık sağlaması yanında, minimum işlenmiş ürünlerin hızlı bozulmasına sebep olan solunum ve terlemenin artış göstermesi ile birlikte işleme bağlı olarak artan enzim aktivitesi hasat sonrası işleme teknikleri, depolama sıcaklığı ve paketlenmeye bağlı olarak birkaç gün kısa bir raf ömrüne sahip olması gibi sebepler bu ürünlerin muhafaza ömrünü arttırmak için koruyucu önlemlere ihtiyaç artmaktadır (Adiani, vd., 2018).

Az işlenmiş taze ürünlerin yüzeyleri hızlı mikrobiyal bozulmayı hızlandırmaktadır ve bu ürünlerde mikrobiyal büyümenin hızlı olduğu iyi bilinmektedir. Taze kesilmiş ürünlerde bozulmaya neden olan mikrobiyal aktiviteler, istenmeyen koku, lezzet kaybıdır. Mikrobiyal bozulmalar ürünün insan tüketimine uygun olmayan hale gelmesine sebep olur (Adiani, vd., 2018).

Gerek bütün ve gerekse tanelenmiş nar meyveleri, meyve kalitesinin korunabilmesi ve raf ömrünün uzatılması amacı ile hasattan hemen sonra soğuk hava depolarında belli bir süre kalite kayıpları olmadan depolanabilmektedir. 5-6° C'nin altındaki sıcaklık değerlerinde 2 aydan fazla bir süre depolandığında bütün meyvelerde meyveyi odacıklara ayıran zarlarda üşüme zararı meydana gelerek danelere de zarar vermekte ve meyvenin hem iç hem de dış kalitesinde düşüşe neden olmaktadır (Kipri, 2010).

Uygun olmayan koşullarda depolanan nar meyveleri ağırlık kaybı, çürük meyve miktarında artış ve meyve albenisinde kayıplara neden olmaktadır. Su kaybına karşı oldukça hassas yapıya sahip olan nar kabuğu, su buharının hareketine izin veren minik odacıklara sahip olduğu için su kaybı esnasında nar kabuğunda kahverengimsi renk ve sertleşme meydana gelmekte ve bunun sonucunda taneler zarar görerek kahverengileşmeye başlamaktadır. Bu da depolamada karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir. Bu zararı azaltmak için hasattan sonra modifiye atmosfer (MA), kontrollü atmosfer (KA), streç film ve kaplama, aralıklarla ısıtma gibi yöntemler denenmiştir (Selçuk ve Erkan, 2013).

Derim sonrası depolama, işleme ve pazarlama esnalarında karşılaşılan kayıpların büyük çoğunluğunu düşük oranda bakteriler, fungal kökenli etmenler ve fizyolojik bozukluklar oluşturmaktadır. Depolama ve pazarlama esnasında daha çok artan kayıpların önlenmesinde fungusitler kullanılması kalıntı sorununa sebep olduğundan özellikle son dönemlerde, kimyasal kalıntı limitlerinin düşürülmesi, insan ve çevre sağlığını koruma açısından alternatif doğal yöntemlere olan talep giderek artmaktadır. Gamma-Aminobütirik asit (GABA); ve dört karbonlu bir bileşik olan, bitkilerde biyotik ve abiyotik stres sırasında hücre içi düzeyleri artış gösteren ve bitkinin savunma mekanizmasını güçlendiren protein olmayan amino asittir (Aghdam, vd., 2016).

GABA derim sonrası aşamalarda dışsal uygulamasıyla fungal bozulmalara ve üşüme zararı gibi fizyolojik bozulmalara karşı kimyasal uygulamalara alternatif doğal bir uygulamadır. GABA uygulaması sayesinde ürünlerin savunma mekanizmaları güçlendirilmekte, ürünlerin raf ömrü ve kalitesi artırılabilir.

Çalışmanın, 'Gıda güvenliği' kapsamında gerek iç gerek dış pazarlamada sağlığa zararlı olmayan, katkı ve kalıntı maddeleri içermeyen ürünlere olan talebi karşılama potansiyeli bulunmaktadır. İhracat ürünlerinde de çevre, insan ve hayvan sağlığına zararı en aza indirmeye çalışan sürdürülebilir bir üretimin yapılmasını hedefleyen, gıda güvenliğinin sağlanmasını şart koşan bir tarımsal üretim modelinin teşvik ediliyor olması söz konusu çalışmanın amacını destekler niteliktedir.

Çalışmada derim sonrası devam eden ve büyük kayıplara neden olan bazı fizyolojik ve fungal hastalıkları engelleyerek söz konusu hastalıklardan kaynaklanan ürün ve kalite kayıplarının azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışmada tanelenmiş 'Hicaznar' nar meyvesinin tanelenmesi ile elde edilen nar meyve tanelerine üç farklı konsantrasyonda yapılan GABA uygulamasından sonra meyve taneleri 5 °C de %90-95 nispi nem koşullarında 20 gün süre ile depolanmıştır. Depolama sırasında 4 gün aralıklarla yapılan uygulamanın etkilerini belirlemek amacı ile meyvelerin fizyolojik (üşüme zararı), fiziksel (meyve sertliği, ağırlık kaybı ve renk değişimi), kimyasal (SÇKM; TA, pH, fenol, DPPH, flavonoid, antosiyanin, organik asitler ve şekerler) ve mikrobiyal (TMAB, toplam maya- küf) özellikleri incelenmiştir.

Bu çalışmada taze ürünlerin hasat sonrası dönemde kimyasal maddelere alternatif olarak kullanılan ucuz, kolay bulunabilen insan ve çevre dostu GABA uygulaması ile nar meyvesinde derimden sonra oluşan meyve kalite ve mikrobiyal bozulmalardan kaynaklanan ürün kaybının azaltılması hedeflenmiştir. Çok çabuk bozulma özelliğine sahip olan nar tanesinin savunma mekanizmasını artırarak dayanıklılığını ve muhafaza ömrünün uzatılması amaçlanmıştır. Ülkemizde bu konuda pratiğe yansımış bir araştırma bulunmaması çalışmanın özgünlük değerini artırmaktadır. Bu çalışmayla GABA uygulamasının üründeki antioksidan madde miktarına ve üşüme zararı üzerine etkileri de belirlenmiştir.

YÖNTEM

Nar Örneklerinin Toplanması

Çalışmada bitkisel materyal olarak ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan hem iç pazar hem de dış pazarda talep gören bir çeşit olan 'Hicaznar' nar meyve çeşidine ait meyveler tanelenerek denemede materyal olarak kullanılmıştır. Denemede

kullanılan tanelenmiş nar meyve materyali ticari olarak yetiştiriciliği yapılan ve Mersin'in Tarsus ilçesinde bulunan 'Hicaznar' nar meyve bahçelerinden temin edilmiştir.

Denemelerin Düzenlenmesi

Araştırmada 'Hicaznar' nar meyve bahçesinden alınan hastalıksız ve muhafazaya uygun, homojen olan tanelenmiş nar meyveleri kullanılmış ve uygulamalar Osmaniye Korkut Ata Üniveristesi Merkezi Laboratuvarında oda sıcaklığında yapılmıştır. Derimden hemen sonra 0 mM (Kontrol), 2.5 mM (GABA I) ve 5 mM (GABA II) olmak üzere üç farklı GABA konsantrasyonlarında, tanelenmiş narlar 10 dk süreyle daldırma işlemine tabi tutulmuştur (Shang, vd., 2011). Daldırma işlemlerinden sonra, tanelenmiş nar meyveleri üzerlerindeki suyun uzaklaştırılması için oda koşullarında bekletildikten hemen sonra (1 saat) tanelenmiş nar meyveleri 5°C'de %90-95 nispi nem ortamında 20 gün süre ile depolanmıştır.

Meyvelerin Ambalajlanması ve Depolanması

GABA uygulanmış ve kontrol grubu tanelenmiş nar meyveleri 5°C'de % 90±5 nispi nem koşullarında 20 gün süreyle depolanmıştır. Uygulamalar 3 tekerrürlü olacak şekilde planlanmıştır. Tanelenmiş nar meyveleri örneklerinde depolama başlangıcında ve 20 gün süre ile 4 gün aralıklarla kalite değişimlerini belirlemek için bazı fiziksel, kimyasal, biyokimyasal analizler ile mikrobiyal kaynaklı bozulma miktarları belirlenmiştir. Denemede kullanılan hastalıksız, aynı irilik ve olgunlukta bulunan tanelenmiş nar meyveleri ayrılarak deneme kurulmuştur. Deneme için tanelenmiş nar meyveleri 250 g'lık PVPP kaplar içerisine alınmış, 20 gün 5°C, %90 ± 5 oransal nem koşullarında PVPP kutular plastik kasalar içerisinde muhafaza edilmiştir (Şekil 3.3).

Muhafaza periyodu süresince 20 gün süre ile depolanan meyvelerde uygulamanın etkilerini belirlemek amacı ile periyodik olarak 4 gün aralıklarla fizyolojik (üşüme zararı), fiziksel (meyve sertliği, ağırlık kaybı ve renk değişimi), kimyasal (SÇKM; TA, pH, fenol, DPPH, flavonoid, antosiyanin, organik asitler ve şekerler) ve mikrobiyal kalitesine etkisini belirlemek amacı ile maya - küf sayımı ile toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı (TMAB) belirlenmiştir.

Analizler

Ağırlık Kaybı

Depolama öncesi ağırlıkları belirlenen meyve örnekleri, 4 gün aralıklarla depodan çıkarılarak ağırlıkları tartılmıştır. % ağırlık kaybı miktarı meyvelerin başlangıçta belirlenen ağırlıklarının yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

Tanelenmiş Nar Meyvelerinde Tane Sertliği

Meyve tane sertliği meyveler tanelendikten sonra tekstürel değişimler CT3 model tekstür analiz cihazı kullanılarak (CT3 model, Brookfield Engineering Labs. Inc. 11 Commerce Boulevard Middleboro, MA 02346, 1031 USA) ölçülmüştür. Meyveler cihazın metal tabağı (TA-BT-Kit Fixture Base Table) üzerine konularak meyve taneleri petri kablarına konularak 1 cm lik bölgesinden birbirine yüzeyden silindirik uç (TA 44

cylinder 4 mm D) yardımı ile ölçümler yapılmıştır. Tanelerin basınca dayanıklılığı ölçülmüş ve sonuçlar N olarak ifade edilmiştir.

Suda Çözünen Toplam Kuru Madde (SÇKM)

Suda çözünen toplam kuru madde miktarı (SÇKM) meyve suyunda mevcut bulunan kuru madde miktarı ile % olarak ifade edilmiştir. Suyu çıkarılan nar örneklerinden 1 damla nar suyu dijital refraktometreye (hassasiyet ± 0.01) dökülüp okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ölçüm Krüss marka refraktometre cihazı ile yapılmıştır (Cemeroğlu, 2010).

Üşüme Zararı Tayini

Tanelenmiş 'Hicaznar' nar meyve tanelerinden kontrol, GABA I ve GABA II den her birinden iki paralel olacak şekilde 50' şer tane nar meyve tanesi alınmıştır. Nar meyve taneleri kendi içinde sağlam ve yaralı olmak üzere ikiye ayrılıp, yaralı olan nar tanelerinin sayısı yüzde (%) üzerinden hesaplanmış, üşüme zararı değeri ortaya çıkmıştır (Şen ve Eroğlu, 2012).

pH Değeri

Tanelenmiş nar meyvesinin aseptik koşullarda suyu çıkarılarak homojenleştirildikten sonra ve pH metre örneğe daldırılarak ölçülme işlemi yapılmıştır. Ölçümde Thermo Scientific Orion 2 star marka alet kullanılmıştır (Cemeroğlu, 2010).

Titre Edilebilir Asit Miktarı

Meyve tanelerinin sıkılması sonrasında elde edilen süzölmüş meyve suyundan 5 ml alınarak önce pH değeri ölçülmüş, ardından titrasyon asitliği için (TA) 0.1 N NaOH çözeltisi ile pH değeri 8.1'e gelinceye kadar titre edilmiştir ve sonuç narda baskın olan sitrik asit cinsinden verilmiş, g/100 mL olacak şekilde hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010 ; Karaçalı, 2009).

Gaz bileşimi ölçümü (O_2 ve CO_2)

PVPP kutu içerisindeki % O_2 ve % CO_2 gaz kompozisyonu değişimi, checkpoint O_2/CO_2 gaz analiz cihazı (PBI-Dansensor, Ringsted, Denmark) ile ölçülmüştür.

Meyve Tane ve Kabuk Rengi

Meyve renginin belirlenmesinde meyve eti yüzeyindeki 1cm lik bölgeden Minolta renk ölçer (Model CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japonya) cihazı kullanımıyla L^* (parlaklık), a^* (+kırmızı-yeşil), b^* (+sarı-mavi) modunda yapılmıştır. Değerlerin artan biçimde negatif veya pozitif olmaları rengin koyulaşması anlamına gelmektedir. Böylece a^* ve b^* değerleri incelenerek meyve etinde meydana gelen renk değişimleri saptanmıştır.

C^* (chroma, renk yoğunluğu/ renk doygunluğu): $C^* = (\alpha^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

h° (hue açısı, renk tonu/ renk değişimi): $\arctan (b^*/a^*)$

şeklinde C^* ve h° değerleri hesaplanmıştır. C^* , 0 (mat) - 60 arasında olup, merkezden uzaklaştıkça parlak tonlar artmaktadır. h° , 0° - 360° değerleri arasında kırmızı, 90° sarı, 180° yeşil, 270° mavi renklerden oluşmaktadır (Voss, 1992).

Mikrobiyolojik Analizler

Stomacher torbasının içerisine sterilize 45 ml peptonlu buffer dilüsyon sıvısı (Merck, Almanya) konulup üzerine 5 g nar örneği steril koşullarda alınıp Stomacherde homojenize edilmiştir. Homojenizasyon işleminin ardından örnekler 1/10 oranında tamponlanmış peptonlu su ile seyreltilerek uygun besiyerine dökme plak yöntemi ile ekimleri yapılmıştır. Deneylerde bütün mikrobiyel ekimler her dilüsyondan iki paralel olacak şekilde yapılmış olup sayım sonuçları bu iki paralelin ortalaması alınarak logkob/g olacak şekilde ifade edilmiştir (Ulukanlı ve Karadağ, 2010).

Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayımı

Tanelenmiş nar örneklerindeki toplam mezofilik aerobik bakteri sayısını belirlemek için önceden hazırlanmış dilüsyon sıvıları PCA besiyerine dökme yöntemiyle ekim yapılmıştır (Anonim, 2001; Anonim, 2004). Ekimden sonra petriler 30 - 32°C sıcaklığında 24 - 48 saat süresinde inkübe edilmiştir. Süre sonunda oluşan koloniler sayılmıştır.

Maya ve Küf Sayımı

Tanelenmiş nar örneklerinde bulunan toplam maya ve küf sayısının belirlenmesi amacıyla hazırlanan dilüsyonlar pH'sı $3,5$ 'e ayarlanmış ve 50 mg/l kloramfenikol antibiyotigi içeren PDA besiyerine, dökme plak metodu ekilmiştir (Anonim, 1989; Anonim, 2001). Ekim işleminin ardından petriler 120 saat süre ile 25°C sıcaklıkta inkübe edilmiş ve oluşan koloniler sayılmıştır.

BULGULAR

Araştırma kapsamında tanelenmiş 'Hicaznar' nar meyvesi 3 farklı GABA konsantrasyonunda (kontrol, $2,5\text{mM}$ ve 5mM), soğuk havada depolanmış (5°C) 0 ., 4 ., 8 ., 12 ., 16 ., ve 20 ., günlerine ait fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçları çizelgeler ve tablolarla gösterilmiştir.

Ağırlık Kaybı (%)

Hasat sonrası meyvelerde fizyolojik olaylar devam etmektedir ve bunun neticesinde ürünlerde ağırlık kaybı meydana gelmektedir. Ağırlık kaybı (%) özellikle muhafaza sonu itibari ile meyvenin pazarlanma aşamasında pazarlanabilirliği üzerinde önemli bir kalite kriteridir. Meyve ve sebzelerde ağırlık kaybı % 5 'i geçerse pazarlanamaz duruma gelir. GABA uygulanan 'Hicaznar' nar meyvelerinde ağırlık kaybı miktarı (Şekil 1) gösterilmiştir. PVPP kutularda muhafaza edilen nar tanelerinde meydana gelen ağırlık kaybı miktarı sırası ile kontrol % 0 , GABA I % 0 ve GABA II % 0 olarak ölçülmüştür.

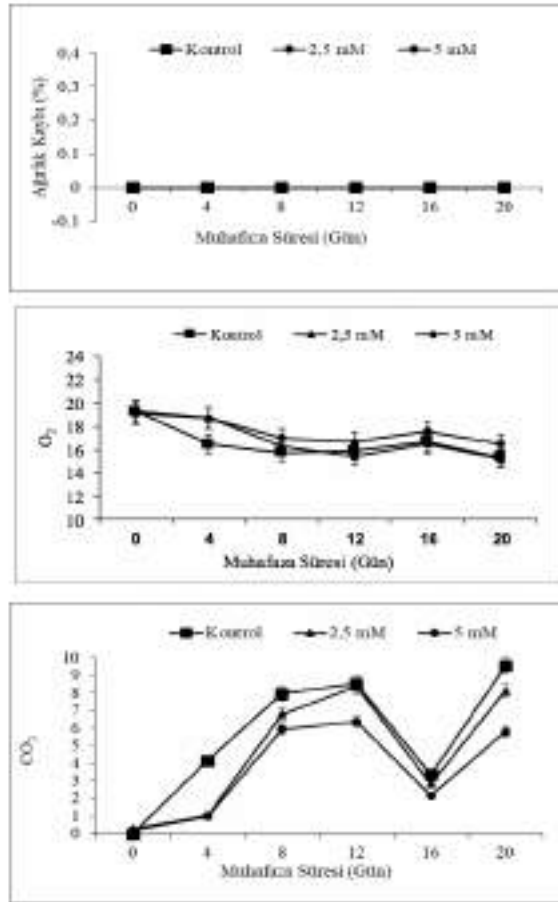
Nar taneleri $+5^\circ\text{C}$ de 20 günlük depolama süresince PVPP kutularda saklandığı için ürünlerdeki gaz buharının çıkışına bariyer oluşturduğu ve su kaybını engellediği anlaşılmıştır. GABA uygulamasının kontrol grubu örnekleri ile kıyaslandığında istatistik olarak ağırlık kaybı üzerinde anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 1).

Gaz Bileşim Ölçümü (O_2 ve CO_2)

Meyveler ve sebzeler gibi taze ürünler hasattan sonrada fizyolojik aktivitesine devam ettiği için solunum gibi yaşamsal olaylar devam eder. Genellikle, hasat sonrası fizyolojisi bakımından solunum hızı yüksek ürünlerin raf ömrü arasında ters bir korelasyon vardır. Tanelenmiş 'Hicaznar' meyve tanelerinin 20 günlük muhafaza sırasında GABA uygulaması ile soğuk muhafazasının solunum hızına yapmış olduğu etkiyi belirlemek amacıyla O_2 / CO_2 (%) ölçüm cihazıyla ölçülmüştür.

Başlangıçta % 20,1 civarında olan O_2 miktarı muhafaza süresince düşüş göstermiş ve muhafazanın 20. gününde kontrol grubu ve GABA I uygulamasında O_2 oranın %15 civarında iken GABA II'de O_2 miktarı % 16,5 olarak ölçülmüştür (Şekil 1). Uygulamalar arasında O_2 miktarı bakımından uygulamaların etkisi istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, fakat muhafaza süresinin O_2 değişimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 1).

GABA uygulamasının tanelenmiş nar meyvelerinin % CO_2 üretim miktarını belirlemek amacı ile yapılan ölçümlerde % CO_2 miktarında artış gözlenmiştir (Şekil 4.1). Muhafaza süresi ilerledikçe artan % CO_2 miktarının özellikle GABA uygulamasının yüksek konsantrasyonunda daha sınırlı kalarak % 5,9'a ulaştığı fakat kontrol grubu meyvelerde bu oranın iki katına çıkarak %10,53'e kadar yükseldiği belirlenmiştir. Kontrol ve GABA I uygulamaları birbirine yakın değerler alırken GABA II uygulaması sonuçlarında ise önemli fark olduğu görülmüştür (Şekil 1). Bu GABA uygulamasının yüksek dozda solunum hızını önemli düzeyde yavaşlattığı belirlenmiştir (Çizelge 1). Benzer şekilde Selçuk ve Erkan, (2014) bütün nar meyvelerinde yaptıkları çalışmada muhafaza süresi ilerledikçe O_2 miktarında düşüş olurken CO_2 miktarında da artış gözlendiğini rapor etmiştir. Ayrıca, Opara, vd. (2015)'de salisilik asit gibi organik kökenli uygulamaların kontrol uygulamalarına göre nar meyvelerinde solunum hızını yavaşlattığını belirlemişlerdir.



Şekil 1. GABA Uygulanmış 'Hicaznar' Nar Meyve Tanelerinin Ağırlık Kaybı (%), O₂, CO₂ Değişimi

Çizelge 2. GABA Uygulanan 'Hicaznar' Nar Meyve Tanelerinin Renk Ölçüm Değerleri

Renk Değerleri	Uygulamalar	Günler					
		0	4	8	12	16	20
<i>L</i>	<i>Kontrol</i>	25,58 ^{Aa} ± 2,30	25,57 ^{Aab} ± 3,75	26,18 ^{Aa} ± 2,90	24,21 ^{Aa} ± 1,11	24,70 ^{Aa} ± 2,12	22,95 ^{Ba} ± 1,93
	2,5mM	27,80 ^{Aa} ± 2,36	28,30 ^{Aa} ± 3,13	26,51 ^{Aa} ± 2,00	25,10 ^{Aa} ± 3,00	27,37 ^{Aa} ± 1,40	27,42 ^{Aa} ± 2,19
	5 mM	26,15 ^{Aa} ± 2,81	22,72 ^{Ba} ± 1,70	24,78 ^{Aa} ± 2,46	22,41 ^{Aa} ± 2,30	24,17 ^{Ba} ± 2,55	22,74 ^{Ba} ± 4,22
<i>a</i>	<i>Kontrol</i>	17,52 ^{Aab} ± 3,40	19,16 ^{Aab} ± 1,93	18,41 ^{Aab} ± 2,41	15,15 ^{Aa} ± 1,61	20,80 ^{Aa} ± 2,03	18,91 ^{Aab} ± 2,08
	2,5mM	18,33 ^{Aa} ± 3,63	17,35 ^{Aa} ± 3,66	17,66 ^{Aa} ± 2,70	17,42 ^{Aa} ± 2,70	17,65 ^{Aa} ± 2,46	20,42 ^{Aa} ± 1,93
	5 mM	16,00 ^{Aa} ± 2,62	18,95 ^{Aa} ± 1,72	19,60 ^{Aa} ± 1,76	17,20 ^{Aa} ± 2,13	18,00 ^{Aa} ± 2,25	18,71 ^{Aa} ± 1,47
<i>b</i>	<i>Kontrol</i>	8,06 ^{Aab} ± 2,10	9,47 ^{Aab} ± 1,33	8,68 ^{Aab} ± 1,48	7,08 ^{Ba} ± 0,75	9,83 ^{Aa} ± 1,12	8,77 ^{Ba} ± 1,15
	2,5mM	9,31 ^{Aa} ± 1,87	9,24 ^{Aa} ± 1,34	9,11 ^{Aa} ± 1,32	9,07 ^{Aa} ± 0,73	10,95 ^{Aa} ± 2,27	11,57 ^{Aa} ± 0,74
	5 mM	7,61 ^{Aa} ± 1,30	9,42 ^{Aa} ± 0,72	9,60 ^{Aa} ± 1,58	8,30 ^{Aa} ± 0,55	8,70 ^{Aa} ± 1,55	8,64 ^{Ba} ± 1,61
<i>C*</i>	<i>Kontrol</i>	19,30 ^{Aab} ± 3,92	21,39 ^{Aab} ± 2,21	20,36 ^{Aab} ± 2,77	16,69 ^{Ba} ± 1,70	23,00 ^{Aa} ± 2,19	20,84 ^{Aab} ± 2,35
	2,5mM	20,57 ^{Aa} ± 4,06	19,67 ^{Aa} ± 3,85	19,88 ^{Aa} ± 2,94	19,61 ^{Aab} ± 1,44	20,79 ^{Aa} ± 3,22	23,51 ^{Aa} ± 1,45
	5 mM	17,73 ^{Aa} ± 2,84	21,17 ^{Aa} ± 1,82	21,83 ^{Aa} ± 2,24	19,10 ^{Ba} ± 2,07	19,98 ^{Aa} ± 2,65	20,63 ^{Ba} ± 1,90
<i>h°</i>	<i>Kontrol</i>	24,48 ^{Aa} ± 2,18	26,26 ^{Aa} ± 1,96	25,17 ^{Aa} ± 1,54	24,78 ^{Aa} ± 1,83	25,28 ^{Ba} ± 1,19	24,84 ^{Ba} ± 1,09
	2,5mM	26,91 ^{Aa} ± 1,32	28,31 ^{Aab} ± 1,82	27,36 ^{Aab} ± 1,82	27,32 ^{Aab} ± 2,61	31,66 ^{Aa} ± 2,56	29,70 ^{Aa} ± 3,61
	5 mM	25,48 ^{Aa} ± 2,24	26,47 ^{Aa} ± 1,11	25,97 ^{Aa} ± 1,92	25,90 ^{Aa} ± 2,37	25,66 ^{Ba} ± 1,93	24,63 ^{Ba} ± 2,95

*Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

^Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

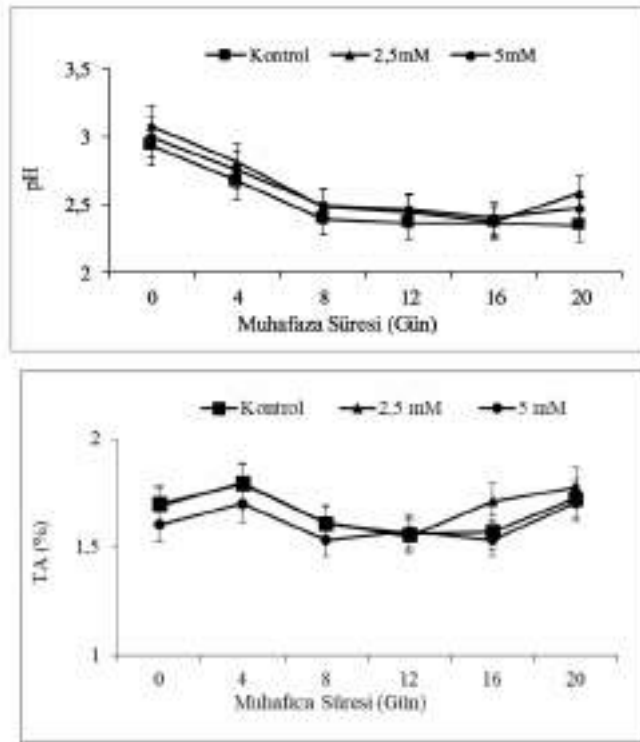
pH Değeri ve Titre Edilebilir Asit Miktarı

'Hicaznar' nar meyve tanelerinde depolama boyunca pH değerlerinde meydana gelen değişim değerleri incelenmiş, Çizelge 1'de gösterilmiştir. Başlangıçta pH değerleri kontrol grubu meyvelerinde 3,03, iken sırasıyla GABA I ve GABA II 3,08- 3,00 değerlerinde bulunmuştur (Şekil 2). 20 günlük depolama sonunda kontrol 2,34, GABA I 2,59, GABA II uygulamasında ise 2,47 değerleri elde edilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü üzere depolama boyunca değerler arasında düşüş eğilimi olmuştur. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde uygulamalar arası fark anlamlı bulunurken ($p<0,05$), muhafaza süreleri pH üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 1).

Özdemir (2015), yapmış olduğu çalışmada kitosan uygulanmış nar meyvelerinde depolama süresinin pH üzerinde istatistiki olarak önemli olmadığını belirtmiştir.

Nar meyvelerinde yapılan titre edilebilir asitlik miktarı genellikle sitrik asit sabiti cinsinden hesaplanmaktadır. Buna göre, 'Hicaznar' nar meyve sularında başlangıç % titre edilebilir asitlik miktarı kontrol grubu meyvelerinde %1,38 ile 1,80 civarında iken muhafazanın 12. gününe kadar hafif bir artış eğilimi göstermiş ve muhafaza sonunda % titre edilebilir asitlik miktarının kontrol grubu meyvelerinde %1,6 iken, GABA I uygulanan meyvelerde %1,35 ve GABA II meyvelerinde %1,68 olarak bulunmuştur (Şekil 2). Muhafaza sonunda uygulamalar arasında TA değeri bakımından anlamlı bir değişiklik olduğu ($p<0.05$) (Çizelge 1) fakat muhafaza sonunda TA değerinin muhafaza başlangıç değerine yakın olduğunu belirlenmiştir (Şekil 2).

Selçuk ve Erkan (2016)'nın, bildirimine göre nar meyvesinin muhafaza süresince TA değerlerinin metabolik aktivite sonunda muhafaza süresi ile düşüş gösterdiği yönündedir. Bu sonuçlar özellikle kontrol grubu meyvelerinde düşüş yönünde iken uygulama yapılan meyvelerde ise çok fazla değişiklik olmaması sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Benzer şekilde Ayhan ve Eştürk,(2009) tanelenmiş nar meyvelerinde TA değerinin muhafaza süresinin uzaması ile belli bir düşüş eğiliminde olduğunu belirtmiş



Şekil 2. GABA Uygulanan 'Hicaznar' Nar Meyve Tanelerinde pH, Toplam Titre Edilebilir Asitlik Değerleri Değişimi (%)

Renk Değerleri

'Hicaznar' nar meyvesinin hem dış kabuk renginin ve hemde tane renginin albenisinin yüksek olması ürünün pazarlama kalitesi üzerinde görsel olarak oldukça önemli bir etkiye sahip özelliklerinden biri olmasına sebep olmaktadır. Tanelenmiş nar meyvelerinde de muhafaza sonuna kadar tane renginin korunması meyvenin albenisi için önemli bir kriterdir.

Hasattan hemen sonra meyve tane rengi olan ve meyvenin parlaklığını gösteren L parlaklık renk değeri kontrol grubu meyve tanelerinde 25,58 iken GABA uygulanan meyvelerde ise GABA I ve GABA II sırası ile 27,80- 26,15 olarak ölçülmüştür. 20 günlük muhafaza sonunda kontrol grubunda 22,95 olan parlaklık renk değeri GABA uygulamalarında ise GABA I ve GABA II 27,42- 22,74 olarak ölçülmüştür (Şekil 3). Sonuçlara bakıldığında en fazla azalma GABA II uygulamasında görülmüş fakat, uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

+a* meyve renk değeri meyvenin kırmızı renk değişimini göstermektedir. Muhafaza süresince yapılan ölçümlerde a* değeri kontrol grubu meyvelerinde 17,52, GABA I' de 18,33, GABA II ise 16 olarak ölçülmüştür. Depolama sonunda a* değeri, kontrol grubu 18,91, GABA I, 20,42, GABA II, 18,71 (Şekil 3) üç grupta artış olmuştur. Artış olması GABA uygulamasının kırmızı renk kaybını önlediğini göstermektedir. GABA I uygulamasında değerler yüksek çıkmıştır ancak istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 2).

b* meyve renk değeri +b* sarı ve -b* mavi renk değerlerini göstermektedir ve kontrol meyvelerinde +b* 8,06, GABA I 9,31, GABA II 7,61 olan +b* renk değeri depolama sonunda kontrol grubu meyvelerinde 8,77 iken GABA I 11,57, GABA II ise 8,64 olarak ölçülmüştür (Şekil 3). Uygulamalar arası istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı

belirlenmiştir (Çizelge 2). Aydınoglu, vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada b^* renk değerindeki dalgalanmayı narın baskın renginin kırmızı renk olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

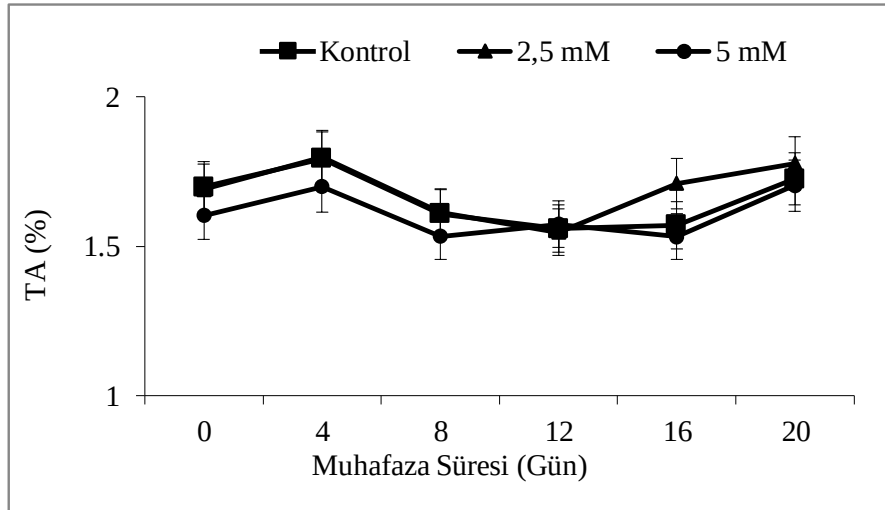
Meyve renginin tonunu gösteren C^* kroma değeri ile meyve rengi h^o açısı değerleri de hesaplanmıştır. C^* kroma değeri, başlangıçta kontrol meyve tanelerinde 19,30, GABA I 20,57, GABA II 17,73 ölçülürken muhafaza sonunda kontrol 20,84, GABA I 23,51, GABA II 20,63 değerleri ölçülmüştür (Çizelge 2). Buna göre değerlerde artış meydana gelmiş ve bu artış ürünün muhafaza süresiyle canlılığını koruduğunu göstermektedir. C^* renk değerinin muhafaza sonu itibari ile istatistik açıdan uygulamalar arasında fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$) (Çizelge 2).

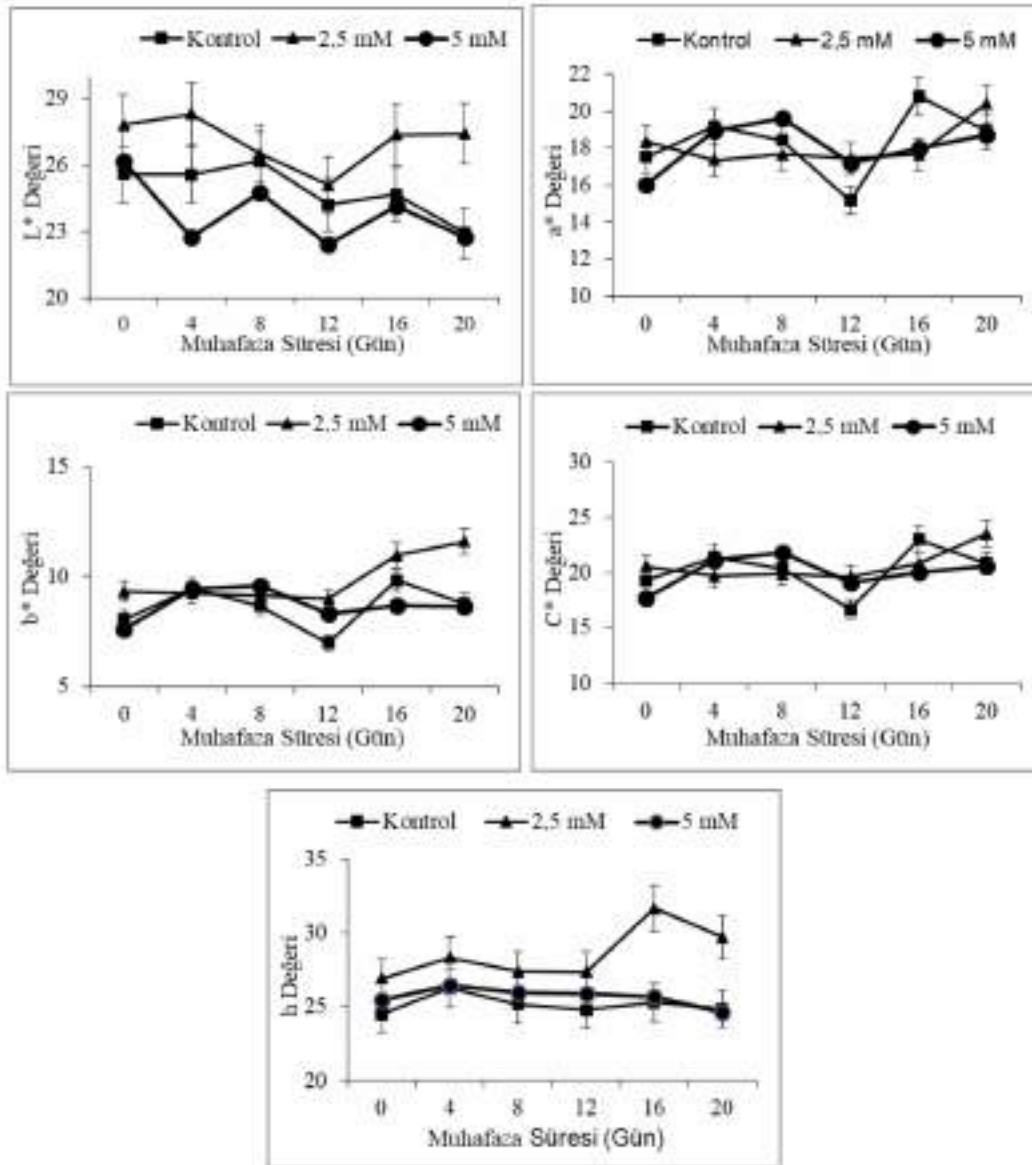
Nar meyve taneleri h^o açısı değeri ise muhafaza başında kontrol meyve tanelerinde grubunda 24,48 olan değer 20 günlük depolama sonunda kontrol grubunda 24,84, GABA I 29,70, GABA II 24,63 değerleri elde edilmiştir. İstatistiksel olarak uygulamalar arası fark anlamsız bulunmuştur (Çizelge 2).

Karaca ve Şen (2014), yaptıkları nar meyvelerinde muhafaza çalışmasında tanelerin muhafaza süresince matlığının arttığını, canlılığının azaldığını, tanelerin koyu kırmızı renginin kısmen arttığını belirtmişlerdir.

Aydınoglu, vd. (2017) ozon uyguladıkları nar tanelerinde, L , a^* ve C^* değerlerinde azalmalar olurken, b^* ve h^o değerlerinde ise dalgalanmalar meydana gelmiştir. Ozon uygulanan kaselerdeki narlarda koyulaşmanın daha fazla olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Sonuç olarak tüm renk değerlerine GABA uygulamasının önemli bir istatistiki anlamlılık bulunmazken özellikle GABA I uygulamasının meyve tane rengini korumada diğer uygulamalarla kıyaslandığında daha etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).





Şekil 3. GABA Uygulanan 'Hicazmar' Nar Meyve Tanelerinde Renk Değişimleri

Çizelge 2. GABA Uygulanan "Hicaznar" Nar Meyve Taneciklerinin Renk Ölçüm Değerleri

Renk Değerleri	Uygulamalar	Günler					
		0	4	8	12	16	20
<i>L</i>	<i>Kontrol</i>	25,58 ^{ab} ± 2,30	25,57 ^{abab} ± 3,75	26,18 ^{ab} ± 2,90	24,21 ^a ± 1,11	24,70 ^{ab} ± 2,12	22,95 ^{ba} ± 1,93
	2.5mM	27,80 ^{ab} ± 2,36	28,30 ^{ab} ± 3,13	26,51 ^{ab} ± 2,00	25,10 ^{ab} ± 3,00	27,37 ^{ab} ± 1,40	27,42 ^{ab} ± 2,19
	5 mM	26,15 ^{ab} ± 2,81	22,72 ^{ba} ± 1,70	24,78 ^{ab} ± 2,46	22,41 ^a ± 2,30	24,17 ^{ba} ± 2,55	22,74 ^{ba} ± 2,22
<i>a</i>	<i>Kontrol</i>	17,52 ^{ab} ± 3,40	19,16 ^{abab} ± 1,93	18,41 ^{ab} ± 2,41	15,15 ^{ab} ± 1,61	20,80 ^{ab} ± 2,03	18,91 ^{ab} ± 2,08
	2.5mM	18,33 ^{ab} ± 3,63	17,35 ^{ab} ± 3,66	17,66 ^{ab} ± 2,70	17,42 ^{ab} ± 2,70	17,65 ^{ab} ± 2,46	20,42 ^{ab} ± 1,93
	5 mM	16,00 ^{ab} ± 2,62	18,95 ^{ab} ± 1,72	19,60 ^{ab} ± 1,76	17,20 ^{ab} ± 2,13	18,00 ^{ab} ± 2,25	18,71 ^{ab} ± 1,47
<i>b</i>	<i>Kontrol</i>	8,06 ^{ab} ± 2,10	9,47 ^{ab} ± 1,33	8,68 ^{ab} ± 1,48	7,08 ^{ab} ± 0,75	9,83 ^{ab} ± 1,12	8,77 ^{ab} ± 1,15
	2.5mM	9,31 ^{ab} ± 1,87	9,24 ^{ab} ± 1,34	9,11 ^{ab} ± 1,32	9,07 ^{ab} ± 0,73	10,95 ^{ab} ± 2,27	11,57 ^{ab} ± 0,74
	5 mM	7,61 ^{ab} ± 1,30	9,42 ^{ab} ± 0,72	9,60 ^{ab} ± 1,58	8,30 ^{ab} ± 0,55	8,70 ^{ab} ± 1,55	8,64 ^{ab} ± 1,61
<i>C*</i>	<i>Kontrol</i>	19,30 ^{ab} ± 3,92	21,39 ^{ab} ± 2,21	20,36 ^{ab} ± 2,77	16,69 ^{ab} ± 1,70	23,00 ^{ab} ± 2,19	20,84 ^{abab} ± 2,35
	2.5mM	20,57 ^{ab} ± 4,06	19,67 ^{ab} ± 3,85	19,88 ^{ab} ± 2,94	19,61 ^{ab} ± 1,44	20,79 ^{ab} ± 3,22	23,51 ^{ab} ± 1,45
	5 mM	17,73 ^{ab} ± 2,84	21,17 ^{ab} ± 1,82	21,83 ^{ab} ± 2,24	19,10 ^{ab} ± 2,07	19,98 ^{ab} ± 2,65	20,63 ^{ba} ± 1,90
<i>h°</i>	<i>Kontrol</i>	24,48 ^{ab} ± 2,18	26,26 ^{ab} ± 1,96	25,17 ^{ab} ± 1,54	24,78 ^{ab} ± 1,83	25,28 ^{ab} ± 1,19	24,84 ^{ba} ± 1,09
	2.5mM	26,91 ^{ab} ± 1,32	28,31 ^{ab} ± 1,82	27,36 ^{ab} ± 1,82	27,32 ^{ab} ± 2,61	31,66 ^{ab} ± 2,56	29,70 ^{ab} ± 3,61
	5 mM	25,48 ^{ab} ± 2,24	26,47 ^{ab} ± 1,11	25,97 ^{ab} ± 1,92	25,90 ^{ab} ± 2,37	25,66 ^{ab} ± 1,93	24,63 ^{ba} ± 2,95

* Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

^ Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (SÇKM)

Suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM), meyve kalitesinin değerlendirilmesi ve meyve tat değerinin belirlenmesinde kullanılan önemli parametrelerden biridir. Hicaznar meyvelerinin başlangıç SÇKM miktarının 15,24 ile 16,4 olduğu belirlenmiştir ve muhafaza süresinin ilerlemesi ile birlikte SÇKM miktarının düşüş eğiliminde olduğu ve 20.gün SÇKM değerlerinin sırası ile kontrol grubu meyvelerinde 14,04, GABA I 14,24 ve GABA II ise 14,67 olduğu belirlenmiştir.

Yapılan uygulamalardan hemen sonra %15-16 değerleri arasında iken muhafaza süresince tüm uygulamalarda SÇKM değerinde düşme eğilimi göstermiştir (Şekil 4). Muhafaza süresinde en fazla SÇKM % 14,7 civarında olduğu belirlenmiştir. Yapılan uygulamaların SÇKM üzerine etkisinin muhafaza süresinin ve uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 3). Aydınoglu, vd. (2017) nar tanelerinde yaptıkları ozon uygulaması çalışmasında depolama süresince SÇKM miktarında dalgalanmalar gözlemlediklerini ve kısmen azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. SÇKM miktarının düşüş sebebini, solunumda şekerlerin kullanılmasından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir.

Selçuk ve Erkan (2014) 'Hicaznar' nar bütün meyvelerinde yaptıkları MAP uygulamasının meyve muhafazasının 0. gün değerlerinin bizim çalışmalarımızdan elde ettiğimiz değerlere yakın olduğu ve muhafaza süresince farklı özellikteki MAP muhafazasının meyve SÇKM miktarındaki değişimi incelendiğinde SÇKM nin % 16,43 iken % 15,33 düştüğü belirlenmiştir. Ancak bizim çalışmamızda muhafaza sonunda SÇKM değerlerinin söz konusu çalışmaya göre daha düşük % SÇKM değerine ulaşılmasının sebebi olarak meyvelerin tanelenmesinden dolayı fizyolojik aktivitenin daha hızlı olmasından kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır.

Meyve Tane Sertliği

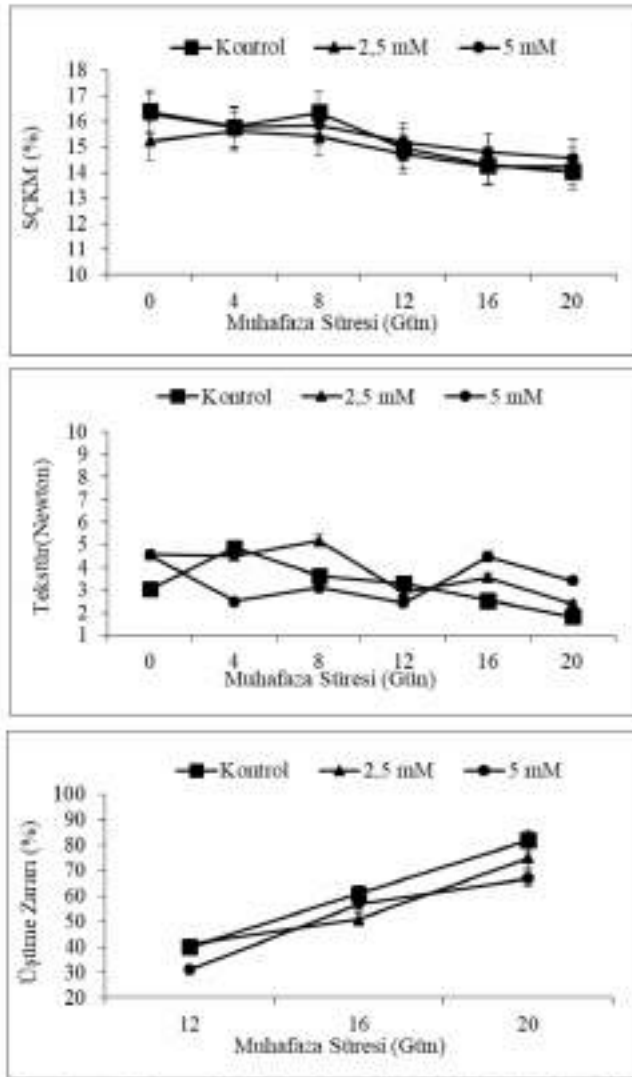
Tanelenmiş nar meyve tanelerinin tane sertlik değişimleri belirlenmiştir. Meyvelerde muhafaza süresince meyve kalitesinin en önemli göstergelerinden biri olan meyve tane sertliği ürün kalitesini gösteren önemli bir kriterdir.

'Hicaznar' nar meyve tanelerinin meyve tane sertlikleri muhafazasının 0.günü olan başlangıç değerleri 3 – 4,5 N arasında değişiklik gösterirken muhafazanın 20. gününde önemli düzeyde düşüş göstermiştir (Şekil 4). 'Hicaznar' meyve tane sertlikleri 20. gün itibari ile kontrol grubu meyvelerinde 1,91 N iken GABA uygulanan meyvelerde sırası ile GABA I 2,40 N iken GABA II de ise 3,42 N olarak belirlenmiştir. İstatistiki analiz sonuçlarına göre nar meyve tanesinin sertlik değişimi üzerine etkisinin anlamlı olmadığı görülmüştür (Çizelge 3). GABA uygulaması, kontrol uygulaması ile kıyaslandığında nar meyve tane sertliği üzerinde olumlu etkisinin olduğu ve meyve tane sertliğini koruduğu belirlenmiştir. Özellikle minimum işlenmiş olan meyvelerde önemli bir sorun olan bu kalite parametresi birçok meyvede pazarlanabilme kalitesi üzerinde önemli göstergedir.

Üşüme Zararı Miktarı

Soğukta depolama hasat sonrası meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır. Subtropik iklim meyvesi olan nar meyveleri düşük sıcaklıklarda muhafaza edilmesi meyvede fizyolojik bozukluklara neden olabilmektedir (Sayyari, vd., 2016). Bu amaçla, GABA uygulamasının 'Hicaznar' meyve tanelerinde muhafaza süresince meydana gelen üşüme zararına olan etkisi belirlenmiştir. Buna göre muhafaza süresi uzadıkça nar tanelerinde üşüme zararında artış gözlenmiştir (Şekil

4). Muhafaza süresi sonunda %84 ile en fazla kontrol grubunda üşüme zararı rastlanırken bunu % 70 ile GABA I uygulaması ve %64 ile GABA II uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.). GABA uygulanan nar meyve tanelerinde üşüme zararı kontrol uygulamasına göre kısmen koruduğu belirlenmiş ve uygulamalar arasındaki fark anlamlı olmadığı fakat GABA uygulanan meyvelerin üşüme zararı % sinin daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Benzer şekilde nar meyvesinin üşümüye karşı çok hasas olması özellikle +5 °C ve altında bütün olarak depolanan nar meyvesinin iki aydan uzun muhafaza edilmesi ürünlere zarar vermekte ve ürün çeşidine bağlı olarak 5 °C ile 8 °C aralıkta muhafaza edilmesi ürünün üşüme zararının önüne geçilmesinde önemli olduğu belirlenmiştir (Selçuk ve Erkan, 2014).



Şekil 4. GABA Uygulanan 'Hicaznar' Nar Meyve Tanelerinde SCKM (%), Tekstür (N), Üstüne Zararı (%) Değişimi

Çizelge 3. GABA Uygulanan ‘Hicaznar’ Nar Meyve Sularındaki ŞCKM, Tekstür, Üşüme Zararı Değişim Değerleri

Analizler	Uygulamalar	Günler							
		0	4	8	12	16	20		
ŞCKM	Kontrol	16,40 ^{Ab} ± 0,10	15,80 ^{Ab} ± 0,12	16,36 ^{Ab} ± 0,05	14,94 ^{Bc} ± 0,09	14,30 ^{Bd} ± 0,08	14,04 ^{Cc} ± 0,06		
	2,5mM	15,24 ^{Cc} ± 0,005	15,62 ^{Bb} ± 0,09	15,40 ^{Cb} ± 0,00	14,72 ^{Cd} ± 0,04	14,22 ^{Cc} ± 0,04	14,24 ^{Ba} ± 0,11		
	5 mM	16,30 ^{Ba} ± 0,00	15,76 ^{ABb} ± 0,13	15,86 ^{Bb} ± 0,09	15,20 ^{Ac} ± 0,08	14,90 ^{Ad} ± 0,00	14,67 ^{Ac} ± 0,26		
Tekstür	Kontrol	3,03 ^{Ba} ± 1,11	4,89 ^{Ba} ± 3,31	3,62 ^{Ba} ± 2,00	3,30 ^{Ba} ± 0,79	2,53 ^{Ba} ± 1,02	1,91 ^{Ba} ± 0,89		
	2,5mM	4,59 ^{Ba} ± 2,01	4,51 ^{Ba} ± 0,80	5,29 ^{Ba} ± 2,97	2,90 ^{Ba} ± 1,43	3,67 ^{ABa} ± 0,96	2,40 ^{Ba} ± 0,71		
	5 mM	4,56 ^{Ba} ± 2,45	2,50 ^{Ba} ± 1,04	3,10 ^{Ba} ± 0,19	2,42 ^{Ba} ± 1,10	4,48 ^{Ba} ± 1,12	3,42 ^{Ba} ± 2,00		
Üşüme Zararı	Kontrol	0	0	0	40,00 ^{AB} ± 11,313	61,00 ^{AB} ± 4,242	82,00 ^{AB} ± 2,828		
	2,5mM	0	0	0	41,00 ^{AB} ± 4,242	51,00 ^{AB} ± 12,727	75,00 ^{Ba} ± 7,071		
	5 mM	0	0	0	31,00 ^{AB} ± 4,242	57,00 ^{AB} ± 4,242	67,00 ^{ABa} ± 4,242		

^aAynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

^{AB}Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Mikrobiyolojik Değerler

Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayımı

Taze kesilmiş ürünlerin mikrobiyal kalitesi kesilmemiş meyvelere göre daha hassas ve muhafaza süresi daha kısa olmaktadır. Gıda sektöründe kalite güvence biriminin taze kesilmiş ürünlerde kalitenin objektif bir göstergesi olarak toplam mikrobiyal yük miktarını kullanması sebebi ile (Adiani, vd., 2018), tanelenmiş nar meyvelerinde GABA uygulamasının mikrobiyal yüke etkisi incelenmiştir.

GABA uygulamasının nar meyve tanelerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı üzerine etkilerini belirlemek amacı ile yapılan analiz sonuçları logkob/g cinsinden Çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Muhafaza başında 2,38 logkob/g olan değerler Adiani, vd. (2018), ile Ayhan ve Eştürk (2009)’ün bildirdiği başlangıç değerlerine yakın bir benzerlik içinde olduğu belirlenmiştir. Muhafaza süresi ilerledikçe bakteri gelişiminin artmaya başladığı ve kontrol grubunda 6,9 logkob/g değeri ile artışa karşılık, GABA uygulanan nar tanelerinde ise toplam mezofilik aerobik bakteri miktarındaki artışın daha sınırlı kaldığı belirlenmiştir (Şekil 5). GABA uygulamasının konsantrasyonları kıyaslandığında ise GABA II’nın daha etkili olduğu görülmüş ve istatistiki olarak uygulamalar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4).

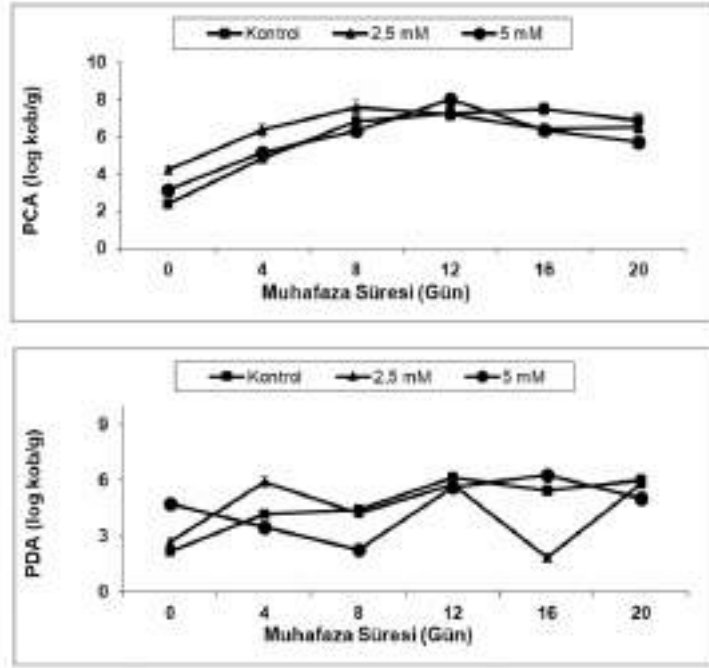
Lopez-Rubira, vd. (2005), nar meyvelerinde mikrobiyal sayım sonuçlarının raf ömrü boyunca artış gösterdiğini ve +5 °C UV-C uygulamalarında bile bu artışın devam ettiğini ve mikrobiyal büyümeye bağlı olarak tanelenmiş narlarda muhafaza ömrünün 10 ila 12 gün sürelerle sınırlı olacağını belirtmiştir.

Maya- Küf Sayımı

'Botrytis cinerea' nın neden olduğu bozulmalar gri çürüklük olarak adlandırılmakta ve nar meyvesinin muhafazasında en önemli ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Bu çürümeyi engellemek ve bozunma kontrolü için Fludioxonil uygulaması MAP ve KA muhafaza ile kombine edildiğinde, uygulamaların bozulmayı azaltmak amacı ile kullanılmıştır (Selcuk ve Erkan 2014).

Yapmış olduğumuz GABA uygulamasının meyve ve küf miktarına etkisini belirlemek amacıyla yapılan maya-küf sayımı gerçekleştirilmiştir. 20 gün süresince incelenen nar tanelerinde meydana gelen maya- küf miktarı logkob/g cinsinden belirlenerek Çizelge 4’de gösterilmiştir. Sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildiğinde muhafaza süresince maya-küf miktarının 2,15- 6,0 logkob/g aralığında değiştiği görülmüştür (Şekil 5).

GABA II uygulanan nar tanelerinde doğrusal bir değişim görülürken diğer uygulamalarda dalgalanmalar görülmüştür (Şekil 5). Sonuç olarak GABA II uygulamasının maya- küf gelişimini engellemede daha etkili olduğu gözlenmiş ve istatistiki olarak sonuçların anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4).



Sekil 5. 'Hicaznar' Nar Meyve Tanelerinde PCA (logkob/g), PDA (logkob/g) Değişimleri

Çizelge 4. GABA Uygulanan ‘Hicaznar’ Nar Meyve Tanelerinin Mikrobiyolojik Analiz Değerleri

Mikrobiyoloji	Uygulamalar	Günler					
		0	4	8	12	16	20
PCA (logkob/gr)	Kontrol	2,38 ^{bc} ±0,12	4,84 ^{ab} ±0,1	6,82 ^{ab} ±0,2	7,24 ^{bc} ±0,33	7,47 ^{ab} ±0,00	6,9 ^{ab} ±0,21
	2,5mM	4,23 ^{ab} ±0,33	6,35 ^{ab} ±0,1	7,61 ^{ab} ±0,04	7,2 ^{bc} ±0,14	6,42 ^{ab} ±0,59	6,52 ^{ab} ±0,73
	5 mM	3,15 ^{bc} ±0,21	5,15 ^{bc} ±0,21	6,32 ^{ab} ±0,9	8,01 ^{ab} ±0,01	6,38 ^{ab} ±0,12	5,73 ^{ab} ±0,61
PDA (logkob/gr)	Kontrol	2,15 ^{bc} ±0,21	4,15 ^{bc} ±0,21	4,42 ^{ab} ±0,6	6,15 ^{ab} ±0,21	5,45 ^{ab} ±0,21	6 ^{ab} ±0,00
	2,5mM	2,69 ^{bc} ±0,3	5,92 ^{ab} ±0,03	4,23 ^{ab} ±0,33	5,77 ^{ab} ±0,10	1,81 ^{bc} ±0,72	5,82 ^{ab} ±0,18
	5 mM	4,73 ^{ab} ±0,05	3,45 ^{cd} ±0,21	2,23 ^{bc} ±0,33	5,62 ^{ab} ±0,21	6,30 ^{ab} ±0,56	5,00 ^{bc} ±0,00

^aAynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

^bAynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

SONUÇ

2016-2017 derim depolama döneminde ticari olgunluk aşamasında derilen bütün 'Hicaznar' nar meyvelerinin kabukları soyularak tanelenmiş ve tanelenen sağlam meyveler GABA uygulamasıyla üç farklı konsantrasyonda kontrol (0mM), 2,5mM (GABA I) ve 5mM (GABA II) olacak şekilde daldırma yöntemi kullanılarak uygulandıktan sonra 250 gr PVPP kutulara koyulan nar meyve taneleri 5°C'de % 90±5 nispi nem koşullarında ait soğuk hava deposunda 20 gün süreyle depolanmıştır.

Muhafaza süresince başlangıç gününden itibaren 4 gün aralıklarla yapılan kalite değişimlerini belirlemek amacı ile ağırlık kaybı (%), gaz bileşimi ölçümü O₂/CO₂ (%), meyve tane renk değişimi (L, a, b, C, h), pH, titre edilebilir asit (TA) miktarı, SÇKM (%), tane sertliği (N), üşüme zararı (%) analizleri ile mikrobiyal kaynaklı bozulma miktarlarından toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı (logkob/g), maya ve küf sayımı (logkob/g) belirlenmiştir.

Bulgularımıza göre derim sonrası tanelenmiş nar meyvelerine yapılan GABA uygulamasının etkisinin ağırlık kaybı, gaz bileşimi ölçümü O₂/CO₂ (%) değişimi üzerinde çok anlamlı olmadığı belirlenmiştir. PVPP kapları gaz çıkışına engel olduğu ve su kaybını önlediği görülmüştür. O₂/CO₂ (%) ölçümlerinde GABA uygulamasında dozaj miktarı arttıkça solunum hızının yavaşladığı gözlenmiştir.

Meyve suyu pH değişimi tüm uygulamada düşüş olurken ve TA miktarının muhafaza sonunda kontrol grubu dışında yükselirken muhafaza süresince anlamlı bir değişiklik olduğu belirlenmiştir.

Yapılan GABA uygulamasının meyve renk değerleri üzerine özellikle L, a ve b değerlerine etkilerinde, parlaklık (L) değerinde düşüş olurken, a* (kırmızı), b* (sarı), C ve Hue renk değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. C değeri istatistiki olarak anlamlı bulunurken diğer renk değerlerinde istatistiki anlamlılıklar değişkenlik göstermiştir. Uygulama süresince a* (kırmızı) değerinde istatistiksel değişim olmayıp meyve tane rengi olan kırmızı rengin korunduğunu söyleyebiliriz. b* değerinde meydana gelen dalgalanmalar meyve tane renginde baskın rengin kırmızı renk olmasından dolayıdır.

Önemli bir kalite göstergesi olan meyve tekstürü üzerinde başlangıç değeri ile muhafaza sonunda önemli düşüş olduğu ve GABA uygulanan meyvelerin sertlik değerlerinin kontrol grubuna göre daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Kuru madde miktarının raf ömrü sonunda düşüş gösterdiğini GABA uygulamasının istatistiki olarak anlamlı etki gösterdiği görülmüştür. Kuru madde miktarında meydana gelen düşüşü solunum sırasında şekerlerin kullanılması olarak değerlendirebiliriz.

Nar meyve taneleri düşük sıcaklıklara maruz kaldığında üşüme zararına uğrayarak ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Yapılan GABA uygulamaları üşüme zararını

sınırlandırmıştır. Ancak GABA II uygulamasının daha baskın şekilde üşüme zararını önlediği görülmüştür.

Muhafaza süresi boyunca bakteri, maya ve küf gelişimi incelenmiş ve kontrol grubunda artış gözlenirken GABA uygulanan nar tanelerinde ise toplam mezofilik aerobik bakteri miktarı kontrol grubu ile kıyaslandığında artışın daha sınırlı kaldığı belirlenmiştir.

Tanelenmiş 'Hicaznar' nar meyvelerine yapılan GABA uygulamasının üç farklı konsantrasyonun 50C de 20 günlük muhafazası sonucunda, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal değişim üzerine olan etkileri değerlendirildiğinde meyvenin SÇKM, pH ve TA (titrasyon asitliği), ağırlık kaybı, meyve tekstürü üzerine olan etkileri kontrol grubu meyveleri ile kıyaslandığında hafif değişiklikler ile sonuçlandığı görülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde GABA uygulamasının etkinliğini artırmak amacı ile yenilenebilir kaplama uygulamaları ile kaplamak, hem ürünün albenisini ve hem de meyve suyu bileşiminin değişimlerini minimum düzeyde tutmak için daha etkili olabileceği sonucuna varılmıştır. Tek başına uygulandığında da ürünleri sınırlı düzeyde koruyabileceği kanısına varılmıştır.

Piyasada kimyasal bulaşmış ürünler tüketici tarafından güvensizlik olarak algılanmaktadır. Ancak GABA aminoasit benzeri bir ürün olduğundan dolayı tüketici tarafından rahatlıkla tercih edilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abbasoğlu, D., (2016.).Şanlıurfa'da yetiştirilen bazı nar çeşitlerinin kimyasal ve biyokimyasal özellikleri, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri, Enstitüsü, Şanlıurfa,Yüksek Lisans Tezi, 50.

Adiani, V., Gupta, S., Ambolikar, R., Variyar, P., (2018).Development of rapid method to assess microbial quality of minimally processed pomegranate arils using FTI, Sensors and Actuators B, 260, 800-807.

Aghdam, M. S., Naderi, R., Jannatizadeh, A., Babalar, M., Sarcheshmeh, M. A. A., & Faradonbe, M. Z.,(2016). Impact of exogenous GABA treatments on endogenous GABA metabolism in anthurium cut flowers in response to postharvestchilling temperature, Plant Physiology and Biochemistry, 106, 11-15.

Ak, B.E., Sakar, E., Korkmaz, Ş.,(2013).Güneydoğu'da nar yetiştiriciliği, Mardin Gıda Tarım ve Hayvancılık Dergisi, 3 (3), 27-342.

Anonim,(1989).Türk Standartları Enstitüsü Mikrobiyoloji- Maya Küf Sayımında Genel Kurallar, 25oC' de Koloni Sayım Tekniği, TS 6580- ISO 7954, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim,(2001). Aerobic Plate Count, Bacteriological Analytical Manual (BAM), Chapter 3.

Anonim,(2004).Türk Standartları Enstitüsü, Mikrobiyoloji- Gıda ve Hayvan Yemleri, Mikroorganizmaların Sayımı İçin Yatay Yöntem, 30 oC'de Koloni Sayım Tekniği, TS 7703 EN ISO 4833, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Aydınoğlu, D.B., Koyuncu, M.A., Erbaş, D., (2017).Ozon uygulanmış nar tanelerinin soğukta depolanması, Meyve Bilimi, 4 (2), 26-32.

Ayhan, Z., Eştürk, O.,(2009). Overall Quality and Shelf Life of Minimally Processed and Modified Atmosphere Packaged "Ready-to-Eat" Pomegranate Arils, Journal of Food Science ,74 (5), 399-4005.

Cemeroğlu, B.,(2010). GıdaAnalizleri Kitabı(2. Baskı), Gıda Teknolojisi Yayınları, Ankara.

Güler, A.,(2016). Farklı bölgelerde yetişen Hicaznar (*Punicagranatum*) nar çeşidi meyvelerinin bazı fiziksel ve biyokimyasal içeriklerinin karşılaştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 63.

Karaca, E., (2011). Nar Suyu Konsantresi Üretiminde Uygulanan Bazı İşlemlerin Fenolik Bileşenler Üzerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 157.

Karaca, S., (2013). Nar (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar) depolanmasında farklı modifiye atmosfer ambalajların etkisinin araştırılması, E. Ü. Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 69.

Karaca, S., Şen, F., (2014). Nar meyvesinin muhafazasında farklı modifiye atmosfer ambalajlarının çürüklük gelişimi, ağırlık kaybı, renk ve duyu özellikleri üzerine etkileri, Anadolu: Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 24(2), 21-31.

Karaçalı, İ.,(2009).Bahçe ürünlerinin muhafazası ve pazarlanması, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 494.

Kipri, N.,(2010). Derim sonrası sıcak su uygulamasının hicaznar çeşidinde muhafaza kalitesi üzerine etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 53.

Lopez-Rubira, V., Conesa, A., Allende, A., Artes, F., (2005). Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C, Postharvest Biology and Technology, 37 (2), 174- 185.

Opara, U., Atakuri, J., Fawole, O., (2015). Application of physical and chemical postharvest treatments to enhance storage and shelf life of pomegranate fruit – A review Review. Scientia Horticulturae, 197, 41-49.

Öz, A. T., Ulukanlı , Z., (2011). Application of edible starch-based coating including glycerol plus *Oleum nigella* on arils from long- stored whole pomegranate fruit, *Journal of Food Processing and Preservation*, 81-95.

Özdemir,K.S., (2015). Gıda ve biyoaktif gıda bileşenlerinin kaplanması: proses ve depolama stabilitesi üzerine etkileri, Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 96.

Özgüven, A.I., Yılmaz,C., Yılmaz, M., İmrak, B., Dikkaya, Y.R., (2015). Kıbrıs ekolojik koşullarında değişik nar çeşitlerinin adaptasyonu, TAGEP Proje No.: 5.2.2.3.

Sayyari, M., Aghdam, M., Salehi, F., Ghanbari, F.,(2016).Salicyloyl chitosan alleviates chilling injury and maintains antioxidant capacity of pomegranate fruits during cold storage, *Scientia Horticulturae*, 211, 110-117.

Selcuk, N., Erkan, M., (2016). Impact of passive modified atmosphere packaging on physicochemical properties, bioactive compounds, and quality attributes of sweet pomegranates, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40(4), 475-488.

Selçuk , N., Erkan, M., (2013).Modifiye atmosferde muhafazanın 'Canernar-1' narlarının antioksidan aktivitesi ve derim sonrası fizyolojisi üzerine etkileri, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 81-87.

Selçuk, N., Erkan, M., (2014). Changes in antioxidant activity and postharvest quality of sweet pomegranates cv. Hicaznar under modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 29-36.

Şen, F., Eroğul, D., (2012). Adıyaman ilinde yetiştirilen 'hicaznar' nar çeşidinin depolama sürecindeki kalite değişimlerinin belirlenmesi, *S. Demirel Ün. Ziraat Fak. Dergisi*, 7(2), 103- 111.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2017). Diğer meyveler üretim istatistiği.

Türk, B., Şen, F.,(2017). Kalsiyum uygulamasının depolama süresince nar meyvelerinin fizyolojik ve patolojik bozukluklar ile kalitesine etkisinin belirlenmesi, *Meyve Bilimi*, 1, 95-101.

Ulukanlı, Z., Karadağ, E., (2010). Bacteriological and fungal evaluation of some aromatic and taste giving herbs from Iğdir region in Eastern Anatolia of Turkey, *African Journal of Microbiology Research*, 4 (2), 2397-2401.

Voss, H.D., (1992).Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticultural society colour chart, *Hort. Science*, 27 (12).



Yüksekkaya, S.,(2013). Farklı Üretim teknikleri ile üretilmiş nar pestilinde kurutma kinetiği, fenolik ve antosiyanin bileşiminin belirlenmesi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 83.

COMPARISON OF FEATURE SELECTION APPROACHES BASED ON GEOMETRIC FEATURES

Yavuz KAHRAMAN
Adıyaman University
ykahraman@adiyaman.edu.tr

Alptekin DURMUŞOĞLU
Gaziantep University
durmusoglu@gantep.edu.tr

ABSTRACT: Facial images are used to extract significant results such as classifying facial emotions and face recognition in wide range of image-based studies. In such studies, the use of features that completely representing face is a factor that contributes to the accuracy of expected result. Sometimes it does not contribute to the expected result to use all features. Hence, feature selection methods are used to eliminate unnecessary features. In this paper, it is compared Principal Component Analysis (PCA), Correlation-based Feature Subset Selection (CFS), and ReliefF for attribute estimation as feature selection methods. Facial expressions are classified by Artificial Neural Network (ANN) using these two feature selection methods.

Key words: feature selection, facial expression recognition, principal component analysis, correlation-based feature selection, reliefF.

INTRODUCTION

Face expression recognition (FER) is one of major task in image processing and pattern recognition. Facial expressions play an effective role as transition way which individuals can have inferential outputs relating to their physical, sentimental, mental activities. Mehrabian presented out that complete communication in between humans is carried as 7% verbal, 38% vocal, and 55% by facial expressions (Mehrabian 2008). It is clear that facial expression recognition can contribute to human-computer interaction (HCI). Objective of facial expression recognition system is to develop a method that distinguishes the face expressions as happy, anger, sad, neutral, disgust, surprise, and fear. In recent times, facial expression recognition works have provided advancements in many areas such as computer vision, pattern recognition, natural human-computer interaction, human emotion analysis, interactive video, image processing etc.

FER system has generally consisted of three stages: detection of facial region, extraction of facial feature, and categorization of the relevant facial expression. A FER system producing expected and effective results requires feature extraction methods that must be representative for facial images. However, high dimensionality and poor representation are two challenging tasks in most of current feature extraction

methods. Selection of feature subset and reducing dimension approaches are two beneficial methods to eliminate redundant features to contribute to performance of classifier and feature extraction method used in a facial expression recognition system (Cossetin, Nievola, and Koerich 2016). The main goal in feature subset selection is to convert initial feature vector into lower dimensional space (Yeasin, Bullo, and Sharma 2006). In this paper, it is investigated that PCA, CFS, and ReliefF methods are used to reduce initial high dimensional feature subspace into lower dimensional feature subset vector without losing significant information for FER.

Feature selection has been a yielding research area in machine learning, pattern recognition, and data mining in last decades and numerous attempts in this area can be found in the literature (Chandrashekar and Sahin 2014; Liu and Yu 2005; Saeys, Inza, and Larrañaga 2007). Feature selection methods can be divided into four subsections: filter, wrapper, embedded, and hybrid feature selection approaches (Chandrashekar and Sahin 2014).

Filter-based feature selection methods benefit from ranking techniques which considered as principle condition for feature selection. Ranking condition principle that targets to have beneficial information regarding different categories in data uses relevant features covering usefulness of features for classification purpose. Ranking techniques are divided into two categories: correlation criteria and mutual information (Battiti 1994; Forman 2003; Guyon and Elisseeff 2003; Kohavi and John 1997; Kwak and Choi 2002; Lazar et al. 2012).

Wrapper methods use the classifier as a black box and the classifier performance as the objective function to evaluate the feature subset. To evaluate classifier performance, a search algorithm is used to maximize objective function. Several heuristic search algorithms are used such as the Branch and Bound (Kohavi and John 1997; Narendra and Fukunaga 1977), Genetic Algorithm (GA) (Goldberg and Holland 1988), Particle Swarm Optimization (PSO) (Kennedy and Eberhart 1995) etc. Wrapper methods consist of two algorithms (heuristic search & sequential selection). The operation procedure of the sequential selection method is as follows. Firstly, it begins with a null set (or full set) to achieve maximum objective function. Then, check the objective function whether it is obtained or not. If the maximum objective function is obtained, stop the selection process (Pudil, Novovičová, and Kittler 1994; Reunanen 2003). To accelerate the selection process, a criterion that maximizes the objective function and minimizes the number of features is chosen. In the heuristic search algorithm, the second wrapper method, optimization of the objective function is provided by considering the evaluation of varied subsets (Alexandridis et al. 2005; Jouan-Rimbaud et al. 1995; Sun, Babbs, and Delp 2006; Yang and Honavar 1998). Varied subsets are produced either by performing the search process in a search zone or by creating optimized problem solutions (Chandrashekar and Sahin 2014).

Embedded methods aim to minimize the computation time during classification of different subsets which is done in wrapper methods (Blum and Langley 1997; Guyon and Elisseeff 2003; Langley 1994). In this method, feature selection approach is a model building process. Use of this approach combining the feature selection as part of the training process provides eliminating of both irrelevant and redundant features.

The hybrid approach is a combination of the filter and wrapper models and makes use of both approaches (Hsu, Hsieh, and Lu 2011; Unler, Murat, and Chinnam 2011). The objective of this hybrid approach is to achieve the best performance with a particular learning algorithm and to reduce time complexity.

The rest of the paper is organized as follows: Feature extraction is carried out in section 2. PCA, CFS, and ReliefF are used to eliminate redundant features in section 3. Experimental results are reported and contribution of these three feature selection methods to a classifier, Artificial Neural Network (ANN), is presented in section 4. Lastly, section 5 concludes the study.

FEATURE EXTRACTION

Multimedia Understanding Group (MUG) created a face expression database to overcome difficulties such as high resolution and uniform lightning to help scientists in the field of image processing area. In this study, training and testing procedure is performed by using the images taken from MUG face expression database (Aifanti, Papachristou, and Delopoulos 2010). The database consists of 86 subjects performing facial expressions. After images acquired, facial feature extraction process is applied to perform PCA, CFS, and ReliefF methods on raw feature space.

Feature extraction process in facial expression recognition system transforms the raw data (input image) into a significant level of representation using geometric features of facial image. The extracted features are then used for classification task. In this study, distances between landmarks surrounding face components are used as geometric features. This study, an extension of previous work (Durmuşoğlu and Kahraman 2016), uses 18 landmarks (shown in Figure. 1) which placed properly onto dynamic face components that cause facial shape changes (eyebrows, mouth, and eyes) (Suja and Tripathi 2015).



Figure 1. Spots surrounding the facial components.

Euclidean distance formula is used to determine distance feature vector provided by the distances between spots surrounding face components. 153 features obtained as a result of distance computation process are the presentation of a facial image. For

example, D1 is the distance 1 which represents the distance between landmark 1 and landmark 2.

FEATURE SELECTION: PCA, CFS, AND RELIEFF

The problem of dimensionality occurred in image processing, particularly in facial expression recognition, causes the decrease in performance of classification algorithms due to probable availability of unnecessary features which do not provide contribution to the discrimination of different categories and the increase in computational effort (Cossetin et al. 2016). Hence, contribution to classification of facial expression purpose provided by a lower subset of features can be actualized by feature selection and dimensionality reduction techniques.

Feature selection helps researchers to reduce dimensionality and computational complexity by transforming initial feature space into a lower subset space. For feature selection and dimension reduction purpose, three approaches, PCA, CFS, and ReliefF, are applied. Summarizer explanation for PCA, ReliefF, and CFS is given in this section as well.

Principal Components Analysis (PCA) is a dimension reduction technique that uses statistical information of data. Maximum amount of variance with a small number of principle components are used to explain PCA (Abdi and Williams 2010). In this study, data set consists of 246 images and data set converted into initial feature space which is represented by 153 attributes. Initial feature space is reduced by PCA as a new matrix having dimensions 246*18 (18 principal components).

Correlation-based feature subset selection (CFS) approach takes into consideration the correlation based heuristic to compute feature worthiness. Further information about CFS can be found in (Hall 1999). In this work, optimal feature subset generated by CFS consists of 16 features. Details for these 16 distances are given in our previous study (Durmuşoğlu and Kahraman 2016).

ReliefF algorithm has high efficiency and does not limit the characteristics of data types, the Relief enable it to deal with data sets with discrete or continuous. ReliefF method performs feature selection process by taking an instance from the data set to create a model based on proximity and distance of that instance to other instances in their own class (Liu and Motoda 2007). ReliefF algorithm is performed 6 times and different numbers of feature subsets are obtained at each run time.

PCA, CFS, and ReliefF feature selection approaches are compared to determine the contribution to classification performance. Table 1 shows the number of selected features that obtained by each run time for all used feature selection approaches.

Table 1. Number of Determined Features

Approach	Number of selected features
No Method	153
PCA	18
CFS	16
ReliefF*	10, 50, 105, 153

* Number of features is randomly selected

EXPERIMENTAL RESULTS

Facial expression recognition (FER) system follows the image acquisition, feature extraction, feature selection, and classification steps (shown in Figure 2). It is needed to represent a facial image more efficiently by extracting its features that contribute to classifier performance in a FER system.

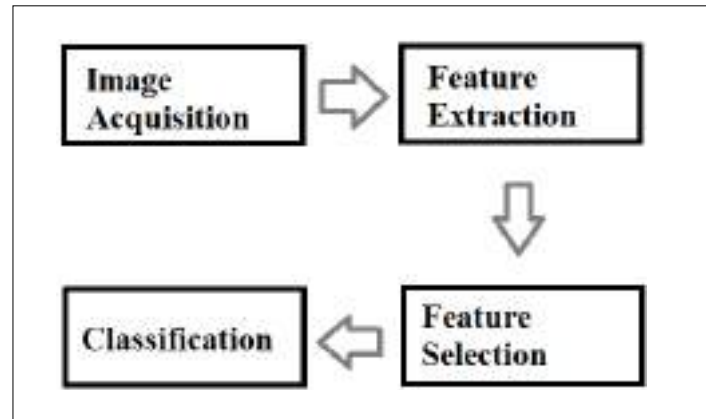


Figure 2. Facial recognition steps.

expression

In this section, performance of each feature selection approach is shown by applying Artificial Neural Network (ANN) (Zhang 2000) as a classifier that categorizing input images into a set of target classes. Experimental results are given in Table 2.

Table 2. Experimental Results

Expression	None	PCA	CFS	R(10)*	R(50)	R(105)	R(all)
Surprise	87.1	82.5	88.8	85	83.33	86.8	92.5
Sad	97.2	92.5	88.8	80	90	97.2	95
Neutral	66	75	85.7	52	69.23	65.3	64
Happy	95.1	97.5	88.8	95	97.5	95.2	100
Fear	72	80	100	75	82.05	73.8	85
Anger	87.0	83.3	86.7	80	86.66	90.3	93.3
Disgust	93.3	90	100	83.8	96.55	90.3	90.3
General	85.	81.6	91.2	80.	86.9	86.1	88.5

* R(10) stands for ReliefF algorithm with 10 features

For each feature selection approach, network is trained with online back propagation learning algorithm using 10-fold cross validation. Performance is calculated by considering accuracy formula which is given in equation 1.

$$p \% = (\alpha/\beta) * 100$$

Where p is accuracy rate, α is number of correct classifications, and β is number of all classifications.

CONCLUSION

Geometric features of facial image (distances between face components) that have been processed in different feature selection approaches are used to classify facial expressions as "Happy", "Neutral", "Anger", "Fear", "Surprise", "Disgust", and "Sad" in this study. Our experimental results have shown that there are feature selection methods providing contribution to the classifier performance as well as feature selection approaches that do not contribute to classifier performance. It can be also understood from Table 2 (ReliefF(10) general performance) that ReliefF algorithm with low number of features does not increase the classifier performance. Correct classification rate, 91.2%, is the performance of CFS+ANN. For future works, it will be investigated an optimal combination of feature selection approach and classification method.

REFERENCES

- Abdi, Hervé and Lynne J. Williams. 2010. "Principal Component Analysis." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics* 2(4):433–59.
- Aifanti, Niki, Christos Papachristou, and Anastasios Delopoulos. 2010. "The MUG Facial Expression Database." Pp. 1–4 in *Image analysis for multimedia interactive services (WIAMIS), 2010 11th international workshop on*. IEEE.
- Alexandridis, Alex, Panagiotis Patrinos, Haralambos Sarimveis, and George Tsekouras. 2005. "A Two-Stage Evolutionary Algorithm for Variable Selection in the Development of RBF Neural Network Models." *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 75(2):149–62.
- Battiti, Roberto. 1994. "Using Mutual Information for Selecting Features in Supervised Neural Net Learning." *IEEE Transactions on Neural Networks* 5(4):537–50.
- Blum, Avrim L. and Pat Langley. 1997. "Selection of Relevant Features and Examples in Machine Learning." *Artificial Intelligence* 97(1–2):245–71.
- Chandrashekar, Girish and Ferat Sahin. 2014. "A Survey on Feature Selection Methods." *Computers & Electrical Engineering* 40(1):16–28.
- Cossetin, Marcelo J., Julio C. Nievola, and Alessandro L. Koerich. 2016. "Facial Expression Recognition Using a Pairwise Feature Selection and Classification Approach." Pp. 5149–55 in *Neural Networks (IJCNN), 2016 International Joint Conference on*. IEEE.
- Durmuşoğlu, A. and Y. Kahraman. 2016. "Facial Expression Recognition Using Geometric Features." in *International Conference on Systems, Signals, and Image Processing*. Vol. 2016–June.
- Forman, George. 2003. "An Extensive Empirical Study of Feature Selection Metrics for Text Classification." *Journal of Machine Learning Research* 3(Mar):1289–1305.
- Goldberg, David E. and John H. Holland. 1988. "Genetic Algorithms and Machine Learning." *Machine Learning* 3(2):95–99.
- Guyon, Isabelle and André Elisseeff. 2003. "An Introduction to Variable and Feature Selection." *Journal of Machine Learning Research* 3(Mar):1157–82.
- Hall, Mark Andrew. 1999. "Correlation-Based Feature Selection for Machine Learning."
- Hsu, Hui-Huang, Cheng-Wei Hsieh, and Ming-Da Lu. 2011. "Hybrid Feature Selection by Combining Filters and Wrappers." *Expert Systems with Applications* 38(7):8144–50.

- Jouan-Rimbaud, Delphine, Desire-Luc Massart, Riccardo Leardi, and Onno E. De Noord. 1995. "Genetic Algorithms as a Tool for Wavelength Selection in Multivariate Calibration." *Analytical Chemistry* 67(23):4295–4301.
- Kennedy, James and Russell Eberhart. 1995. "PSO Optimization." Pp. 1941–48 in *Proc. IEEE Int. Conf. Neural Networks*. Vol. 4. IEEE Service Center, Piscataway, NJ.
- Kohavi, Ron and George H. John. 1997. "Wrappers for Feature Subset Selection." *Artificial Intelligence* 97(1–2):273–324.
- Kwak, Nojun and Chong-Ho Choi. 2002. "Input Feature Selection for Classification Problems." *IEEE Transactions on Neural Networks* 13(1):143–59.
- Langley, Pat. 1994. "Selection of Relevant Features in Machine Learning." Pp. 245–71 in *Proceedings of the AAAI Fall symposium on relevance*. Vol. 184.
- Lazar, Cosmin, Jonatan Taminau, Stijn Meganck, David Steenhoff, Alain Coletta, Colin Molter, Virginie de Schaetzen, Robin Duque, Hugues Bersini, and Ann Nowe. 2012. "A Survey on Filter Techniques for Feature Selection in Gene Expression Microarray Analysis." *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics (TCBB)* 9(4):1106–19.
- Liu, Huan and Hiroshi Motoda. 2007. *Computational Methods of Feature Selection*. CRC Press.
- Liu, Huan and Lei Yu. 2005. "Toward Integrating Feature Selection Algorithms for Classification and Clustering." *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 17(4):491–502.
- Mehrabian, Albert. 2008. "Communication without Words." *Communication Theory* 193–200.
- Narendra, Patrenahalli M. and Keinosuke Fukunaga. 1977. "A Branch and Bound Algorithm for Feature Subset Selection." *IEEE Transactions on Computers* 9(C-26):917–22.
- Pudil, Pavel, Jana Novovičová, and Josef Kittler. 1994. "Floating Search Methods in Feature Selection." *Pattern Recognition Letters* 15(11):1119–25.
- Reunanen, Juha. 2003. "Overfitting in Making Comparisons between Variable Selection Methods." *Journal of Machine Learning Research* 3(Mar):1371–82.
- Saeys, Yvan, Iñaki Inza, and Pedro Larrañaga. 2007. "A Review of Feature Selection Techniques in Bioinformatics." *Bioinformatics* 23(19):2507–17.
- Suja, P. and Shikha Tripathi. 2015. "Dynamic Facial Emotion Recognition from 4D Video Sequences." Pp. 348–53 in *Contemporary Computing (IC3), 2015 Eighth International Conference on*. IEEE.
- Sun, Y., C. F. Babbs, and E. J. Delp. 2006. "A Comparison of Feature Selection Methods for the Detection of Breast Cancers in Mammograms: Adaptive Sequential Floating Search vs. Genetic Algorithm." Pp. 6532–35 in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2005. IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the*. IEEE.
- Unler, Alper, Alper Murat, and Ratna Babu Chinnam. 2011. "Mr2PSO: A Maximum Relevance Minimum Redundancy Feature Selection Method Based on Swarm Intelligence for Support Vector Machine Classification." *Information Sciences* 181(20):4625–41.
- Yang, Jihoon and Vasant Honavar. 1998. "Feature Subset Selection Using a Genetic Algorithm." Pp. 117–36 in *Feature extraction, construction and selection*. Springer.
- Yeasin, Mohammed, Baptiste Bulot, and Rajeev Sharma. 2006. "Recognition of Facial Expressions and Measurement of Levels of Interest from Video." *IEEE Transactions on Multimedia* 8(3):500–508.
- Zhang, Guoqiang Peter. 2000. "Neural Networks for Classification: A Survey." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)* 30(4):451–62.

EXPLORING THE POTENTIAL OF GIANT KING GRASS AS A BIOENERGY CROP IN MEDITERRANEAN ECOLOGICAL CONDITIONS

Nafiz ÇELİKTAŞ, Ersin CAN, İbrahim ATIŞ, İbrahim ERTEKİN
Mustafa Kemal University, Agricultural Faculty, Field Crops Dept. Antakya Hatay

ABSTRACT: For the industrial purposes, renewable bioenergy can be produced as a result of processing of the lignocellulosic structure in biomass with different conversion technologies. The usage of Giant king grass (*Pennisetum hybridum*) as a bioenergy feedstock has been increasing in recent years. It's a member of *Poaceae* family which is an interspecific hybrid species. Bioenergy potential at different conversion techniques of the commercial variety of Giant king grass "Paraiso" has been investigated in this research. The permanent Giant king grass plantation which is about 150 days old was located at the east Mediterranean coastal region of Turkey. The plots were regularly irrigated with a drip irrigation system and 100 kg ha⁻¹ NH₄ nitrogen was applied. Chemical analyzes were carried out on the biomass harvested in mid-September. Plants were measured as an average of 3.8 m length and green herbage was 535.1 t ha⁻¹ with the average %93.8 volatile solids (vs). Lignocellulosic structure (hemicellulose, cellulose and lignin) of the biomass according to Van Soest method was determined as 278.4 g kg⁻¹, 352.5 g kg⁻¹, 68.7 g kg⁻¹ respectively. Biogas production capacity of the biomass was measured as 107072.3 m³ ha⁻¹ (vs) which may convert to 642434.1 kWh energy in a gas reactor. The average heating value (HHV) and the elemental composition, CHNS, of the biomass was measured as 16.7 MJ kg⁻¹, 44.3%, 6.0%, 0.3% and 0.07% respectively. Total HHV generated from unit area was calculated as 3363940.6 MJ kg⁻¹ ha⁻¹. The electricity production potential of this heating value in a combustion reactor system with %20 conversion coefficient was measured as 672788.1 kWh. The cellulosic ethanol production capacity of the biomass after pyrolysis, enzymatic hydrolyses and fermentation processes was calculated over total fermentable sugars, especially glucans as 28425.8 L ha⁻¹ that is capable to generate 185478.3 kWh energy in a biofuel reactor or it is possible to produce E5 biofuels blending with 540090.1 L petroleum. The energy produced from biomass based biogas, combustion and biofuel is enough to satisfy the annual electricity requirement of 178.4, 186.8 and 51.5 number of homes respectively according to EU average annual consumption. The results of the study showed that the giant king grass has a very big alternative bioenergy production capacity in an appropriate biomass conversion system in Mediterranean ecological conditions.

Key Words: Giant king grass, *Pennisetum hybridum*, conversion, biogas, combustion, biofuel.

BIOFUEL CELL PLATFORMS

Derya BAL ALTUNTAŞ

Recep Tayyip Erdogan University, Engineering Faculty, Department of Bioengineering, 53100 Rize

derya.balaltuntas@erdogan.edu.tr

ABSTRACT: Electrochemical Bio-fuel cells are a type of alternative energy source. Bio-fuel cells (BFCs) are systems that convert chemical energy into electrical energy by the catalyzed reaction of biocatalysts. renewable alternative energy resources. Two-dimensional (2D) materials represented by graphene show numerous attractive electronic, optical, mechanical, and thermal properties. This study aims to develop the potential of biofuel cells using Beyond Graphene in Two-Dimensional Materials.

Key words: Nanomaterials, MoS₂, Biofuel cell.

REFERENCES

- Nigam, P.S. ve Singh, A. (2011) Production of liquid biofuels from renewable resources, *Prog Energy Combust Sci*, 37: 52-68.
- Cracknell, J.A., Vincent, K.A. ve Armstrong, F.A. (2008) Enzymes as Working or Inspirational Electrocatalysts for Fuel Cells and Electrolysis, *Chem Rev*, 108: 2439-61.

ELECTRICITY, MARKETS AND TURKEY'S PATH IN LIBERALIZATION PROCESS

Ali Ulvi Özgül, Ph.D.
Independent Researcher
ulviozgul@uydunet.net

ABSTRACT: Electricity, though considered as a commodity in price models, differs from other goods in terms of its idiosyncrasies. The uninterrupted and pervasive need for the services electricity markets render and non-storability of the product necessitates a different and delicate market structure.

This research focuses on supply chain constituents of the electricity industry and their implications on the liberalized market structure. As put forth in this paper US and European markets differ in terms of market design. Turkey has taken big steps on liberalization process which were spread across a considerably long period. This delay in restructuring can be attributed to Turkey's adoption of "learning from other matured market models" strategy. Liberalization of the generation segment has triggered the process, thanks to its more competitive structure.

Spot markets established within this framework are distinct from their counterparts in commodity domain due to "specialized" product and sophisticated system/market operations. The three spot markets, namely Day-Ahead-Market, Intraday Market and the Balancing Market serve different needs of the participants and the whole society. These markets differ in terms of delivery periods of the physical units, volumes and risks borne by market participants. The trading rules and settlement mechanism resembles conventional financial markets in most respects. The price determined on hourly basis in Day-Ahead-Market is generally accepted as "spot" price and is increasingly becoming a reference for pricing contracts within other segments of the market domain. The physical contracts, known as bilateral agreements are typically over-the-counter (OTC) risk products, which help market participants manage their price risks in differing horizons. Though structured financial contracts written on electricity offered by Borsa İstanbul (BİST) have very limited trading volume, they are expected to have widespread coverage with further market progress. The increasing integration of renewables and their apparent advantages pose a remarkable problem on this progress.

Key words: Electricity, Liberalization, Electricity Markets, Electricity Spot Price

ELEKTRİK, PİYASALARI VE LİBERALLEŞME SÜRECİNDE TÜRKİYE'NİN İZLEDİĞİ YOL

ÖZET: Fiyat modellerinde bir meta gibi değerlendirilse de elektrik, kendine has özellikleri ile diğer mallardan ayrılmaktadır. Elektrik piyasalarının sunduğu hizmetlere yönelik kesintisiz ve kapsayıcı ihtiyaç ve ürünün depolanamaması, farklı ve hassas bir piyasa yapısını gerektirmektedir.

Bu çalışma, elektrik sanayiinin tedarik zinciri bileşenlerine ve bunların liberalleşen piyasa yapısına etkilerine odaklanmaktadır. Ortaya konulduğu üzere, Amerika ve Avrupa piyasaları, tasarım açısından değişkenlik göstermektedir. Türkiye, uzunca bir zamana yayılan serbestleşme sürecinde önemli mesafe kaydetmiştir. Yeniden yapılanmadaki gecikme, Türkiye'nin benimsediği "daha gelişmiş örneklerden öğrenme" stratejisine bağlanabilir. Daha rekabetçi yapısının yardımıyla üretim iş kolunun liberalleşmesi, süreci tetiklemiştir.

Bu çerçevede kurulan spot piyasalar; ürünün "özel" oluşu ve karmaşık sistem/piyasa işletimi nedeniyle emtia alanındaki örneklerinden farklıdır. Üç spot piyasa; Gün Öncesi Piyasası, Gün İçi Piyasası ve Dengeleme Güç Piyasası katılımcıların ve tüm toplumun farklı ihtiyaçlarına cevap vermektedir. Bu piyasalar fiziksel ürünün teslim zamanı, hacim ve katılımcıların katlandığı riskler bakımından ayrılmaktadır. İşlem kuralları ve uzlaştırma mekanizması büyük ölçüde klasik finansal piyasaları andırmaktadır. Gün Öncesi Piyasasında saatlik belirlenen fiyatlar genelde "spot" fiyat olarak kabul edilmekte ve piyasanın başkaca bölümlerindeki sözleşmelerin fiyatlanması açısından artarak referans niteliği kazanmaktadır. İkili anlaşmalar olarak bilinen fiziksel sözleşmeler, piyasa katılımcılarının değişen vadelerde fiyat riskini yönetmeye yardımcı olan tipik birer tezgahüstü risk ürünleridir. Borsa İstanbul (BİST) tarafından sunulan elektriğe dayalı yapılandırılmış finansal sözleşmeler, çok kısıtlı hacme sahip olsa da piyasanın daha da gelişmesi ile yaygınlaşacağı beklenmektedir. Yenilenebilir kaynakların artarak piyasaya entegre olması ve belirgin göreceli fiyat avantajları, bu gelişmede önemli bir problem olarak belirmektedir.

Anahtar sözcükler: Elektrik, Serbestleşme, Elektrik Piyasaları, Elektrik Spot Fiyatı.

A STUDY ON THE POSSIBLE USE OF INDUSTRIAL WASTE IN ROLLER-COMPACTED CONCRETE PAVEMENT

Gökhan KAPLAN^{1*}, H.Yılmaz ARUNTAŞ², Rüya KILIÇ DEMİRCAN², A.Burcu GÜLTEKİN³

^{1*}Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kastamonu/TÜRKİYE gkaplan@kastamonu.edu.tr

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara/TÜRKİYE

³Ankara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü, Ankara/TÜRKİYE

ABSTRACT: Pavement is categorized under two headings: asphalt (flexible) pavement and concrete (rigid) pavement. In the last decade, the use of concrete pavement has increased due to its superior durability and longer life cycle when compared to asphalt pavement. Moreover, the materials used to produce concrete pavement are supplied conveniently and in a more cost-effective manner in comparison. Today, roller-compacted concrete pavement (RCCP) is the method commonly preferred for road construction. RCCP is a zero-slump (dry-mix) concrete mixture. The most important advantages of RCCP over traditional concrete are the reduced time needed for construction and its low cost. RCCPs do not lend themselves to application of load transfer devices such as dowels or keyed joints and do not require surface finishing. Another quality of RCCP, as distinguished from traditional concrete, is the use of reduced cement and increased mineral additive content of the mix. The use of active mineral additives such as fly ash in RCCPs bears environmental significance. The use of industrial waste such as fly ash, silica fume and blast-furnace slag as additives in concrete production has been increasing with an emphasis on environmental sustainability and they have become components of concrete. Also known as artificial pozzolans, these mineral additives are proven to offer important benefits to the concrete technology, in terms of both economy and environment. Among the technical reasons behind the use of mineral additives are the workability of fresh concrete and the durability of hardened concrete. In some cases, economic and environmental aspects may prevail over technical ones. With the use of artificial pozzolans, it is possible to reduce the amount of cement used for concrete production which translates into positive economic and environmental outcomes. Nevertheless, most of the mineral additives consist of industrial by-products which can be considered as waste material. This study explored the characteristics of a number of industrial waste materials which can be used in RCCP applications. The effect of the use of industrial waste matter such as fly ash, Blast furnace slag, silica fume, rice husk ash, biofuel ash, electric arc furnace slag, sewage sludge ash, glass powder and waste marble powder on durability properties is analyzed.

Keywords: Industrial Waste, Roller-Compacted Concrete, Ecology, Sustainability

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON YOL KAPLAMALARINDA
ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN KULLANIM OLANAKLARININ İNCELENMESİ

Gökhan KAPLAN^{1*}, H.Yılmaz ARUNTAŞ², Rüya KILIÇ DEMİRCAN², A.Burcu GÜLTEKİN³

^{1*}Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kastamonu/TÜRKİYE gkaplan@kastamonu.edu.tr

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara/TÜRKİYE

³Ankara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü, Ankara/TÜRKİYE

ÖZET: Yol kaplamaları; kullanılan malzemelere göre asfalt (esnek) kaplama ve beton (rijit) kaplama olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Son yıllarda, beton kaplamaların kullanımı, asfalt kaplamalara göre üstün dayanıklılık ve daha uzun yapısal ömürlerinden dolayı artış göstermektedir. Ayrıca beton kaplamalarda kullanılan malzemelerin temin edilmesi nispeten daha kolay ve ucuzdur. Günümüzde beton yol yapımında genellikle silindir ile sıkıştırılmış beton (SSB) yollar tercih edilmektedir. SSB, nemli ve katı kıvama sahip (sıfır slump) bir beton türüdür. SSB beton yolların geleneksel beton yollara göre en büyük avantajı yapım hızı ve maliyetinin düşük olmasıdır. SSB’lerde kalıp, bağlantı demiri ve yüzey bitirme işlemine ihtiyaç duyulmaz. SSB’yi geleneksel betondan ayıran en önemli özelliklerden bir tanesi de, karışımda düşük çimento ve yüksek mineral katkı kullanılmasıdır. SSB yol kaplamalarında, uçucu kül gibi aktif mineral katkılarının kullanılması çevresel açıdan büyük önem taşımaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik açısından uçucu kül, silis dumanı ve yüksek fırın cürufu gibi endüstriyel atık katkı malzemelerinin beton üretiminde kullanımı büyük oranda artış göstermiş ve betonun bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Aynı zamanda yapay puzolan olan bu mineral katkılar teknik, ekonomik ve çevresel açıdan beton teknolojisine büyük yararlar sağlamaktadır. Mineral katkı kullanımının teknik sebepleri arasında taze betonun işlenebilirliği ve sertleşmiş betonun dayanıklılığı bulunmaktadır. Bazı uygulamalarda ekonomik ve çevresel nedenler teknik nedenlerden daha önemli olabilmektedir. Yapay puzolanlar, beton üretiminde kullanılan çimento miktarının azaltılmasını sağlayarak hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağlamaktadır. Ayrıca, mineral katkı maddelerinin çoğu atık olarak kabul edilebilecek endüstriyel yan ürünlerden oluşmaktadır. Bu çalışmada, SSB uygulamalarında kullanılabilecek bazı endüstriyel atıkların özellikleri ele alınacaktır. Uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu, pirinç kabuğu külü, biyoyakıt külleri, elektrik ark fırını cürufları, kanalizasyon çamuru atığı külleri, cam tozu ve mermer tozu gibi endüstriyel atıkların durabilite özellikleri üzerindeki etkileri ortaya konulacaktır.

Anahtar Kelime: Endüstriyel Atıklar, Silindirle sıkıştırılan beton, Ekoloji, Sürdürülebilirlik

1. GİRİŞ

Beton yollar, düşük maliyetli, sürdürülebilir ve dayanıklılığı nedeniyle daha kullanışlı karayolu üstyapıları olarak kabul görmektedir. Beton yolların bitümlü yol kaplamalarına kıyasla bakım ve onarım süreleri nispeten uzundur. Ancak SSB (Silindirle sıkıştırılmış betonlar) beton yollarda bu durum çok geçerli değildir.

Bununla birlikte, SSB yol uygulamalarında en önemli sorunun tuz çözeltilerinden kaynaklanan hasarın olduğu düşünülmektedir (Ghahari, Mohammadi, & Ramezaniapour, 2017). Bu hasar geleneksel beton yollara göre SSB uygulamalarında daha az ortaya çıkmaktadır. SSB'lerin yol yapımında kullanımına ait ilk raporlar 1865 yılında İskoçya'da hazırlanmış ve bu tarihten 50 yıl sonra betona vibrasyon uygulanmaya başlanmıştır. 70'li yıllarda, petrol fiyatının artması sonucunda yol yapımında alternatif malzemelerin kullanım olanağı olarak SSB tekrar ortaya çıkmıştır. SSB'nin ilk kullanımına 1970'lerde İspanya'nın düşük trafik hacmine sahip yollarında başlanılmıştır. Kanada'daki bu tür kaplamalar (SSB) 1976 yılında kereste endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır. 1980'den sonra, en az 10 ülke (Fransa, ABD, Norveç, İsveç, Finlandiya, Danimarka, Almanya, Avustralya, Arjantin ve Japonya), 100.000 m²'den fazla SSB yol yapmıştır (Zarrin & Shirazi, 2015). Yüksek oranlı üretim ve düşük maliyet gibi özellikler SSB kullanımının avantajları arasında yer almaktadır. Özellikle son yıllarda havalimanı ve ağır vasıtalar için yapılan karayolu üstyapısı projelerinde kullanım sıklığını artmıştır (Nanni, Ludwig, & Shoenberger, 1996). Beton yollar için kullanılan SSB, geleneksel betonda bulunanlara benzer içeriklere sahiptir. Ayrıca SSB çökmeyen beton ve sıfır slump'lı beton olarak da bilinilmektedir. SSB uygulamalarında beton 25 cm'lik tabaklar halinde sıkıştırılmakta ve bunun için asfalt yol kaplamalarında tercih edilen ekipmanlar kullanılmaktadır (Delagrave, Marchand, Pigeon, & Boisvert, 1997). SSB için plastik büzülme ve düşük çekme mukavemeti nedeniyle rijitlik ve çatlak yayılımı bildirilen bazı problemler arasında yer almaktadır (Jingfu, Chuncui, & Zhenli, 2009). Bu yüzden SSB'lerde termal çatlak olasılığını azaltmak için, düşük Portland çimentosu içeriği ile yüksek miktarda uçucu kül, silis dumanı ve yüksek fırın cürufu gibi endüstriyel atık malzemeleri kullanılmaktadır (Pigeon & Malhotra, 1995).

Son yıllarda beton yollar geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımına olanak veren önemli bir yapı olarak ön plana çıkmıştır. Özellikle SSB çevresel ve ekolojik sorunlara kısmi bir çözüm olmakla beraber doğal agrega ve çimento miktarını azaltarak inşaat maliyetlerini de azaltmıştır (Shamsaei, Aghayan, & Kazemi, 2017). SSB uygulamalarında doğal agregalar yerine geri dönüştürülmüş agregalar kullanıldığı gibi çimento yerine yüksek hacimde uçucu kül gibi endüstriyel atıklarda kullanılmaktadır. Endüstriyel atıkların SSB uygulamalarında kullanımı ekonomiklik, durabilite ve ekolojik açıdan büyük katkı sağlamaktadır. Şekil 1'de beton yol yapımında kullanılan SSB uygulaması görülmektedir.



Şekil 1. Beton yol için SSB uygulaması

2. MİNERAL KATKI OLARAK KULLANILAN ENDÜSTRİYEL ATIKLAR

İnşaat sektöründeki son gelişmeler, yeni binaların tasarımı ve beton talebi oranının artmasına neden olmuştur. Bu yüzden inşaat yapımı ve yıkımı esnasında oluşan atıkların değerlendirilmesi için çevre dostu bir yöntem aranmaktadır (Li, Wang, Li, Zhao, & Qin, 2018). Dünyadaki CO₂ emisyonu değerleri açısından inşaat sektörünün

önemli bir payı bulunmaktadır. İnşaat sektöründe ise kullanım oranı sürekli artan Portland çimentosu CO₂ emisyonlarını arttırmaktadır. Portland çimentosu üretimi, küresel antropojenik CO₂ emisyonlarının yaklaşık % 7'sini oluşturmaktadır (Moffatt, Thomas, & Fahim, 2017). Bu nedenle, kullanılan Portland çimentosu miktarını azaltarak karbon emisyonlarını azaltma ihtiyacı doğmuştur (ACI, 1986). Bu kapsamda uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve silis dumanı gibi endüstriyel atıklar çimento yerine kullanılarak çevre dostu beton üretimine yardımcı olmaktadır (ACAA, 2016).

2.1. Uçucu Kül

Uçucu kül, enerji santrallerinde kömürün yanması sonucunda oluşan yan ürün olmakla beraber beton üretiminde çimento ikame malzemesi olarak kullanılmaktadır (Dong et al., 2018). ASTM C618'e göre uçucu küller; düşük alkali ve düşük kalsiyum içeren F sınıfı ile yüksek alkali ve yüksek kalsiyum içeren C sınıfı olmak üzere sınıflandırılmaktadır. (Saha, Khan, Sarker, Shaikh, & Pramanik, 2018). Endüstriyel sürecin bir yan ürünü olarak açığa çıkan uçucu külün kullanımı, sürdürülebilir yapıların tasarımına (sertifika sistemleri vb.) katkıda bulunmaktadır. Mineral katkı maddesi olarak uçucu kül, yalnızca hidrasyon ısını azaltarak beton performansını artırmaz, aynı zamanda karbondioksit üretimini de azaltmaktadır (Adriano, Page, Elseewi, Chang, & Straughan, 1980).

Uçucu kül normalde Portland çimentosu yerine % 15 ile 25 (ağırlık olarak) oranında ikame edilerek kullanılır. Bununla birlikte, birçok yazar uçucu külü % 40 ve 60 oranlarında ikame ederek iyi dayanım gelişimi elde etmiştir. Ayrıca yüksek oranda uçucu kül kullanımının alkali-silika reaksiyonuna, donma çözölmeye, klor iyonu penetrasyonuna ve sülfat saldırısına karşı mükemmel direnç gösterdiğini kanıtlamıştır (M. R. H. Dunstan & Joyce, 1987; Hopkins, Thomas, Oates, Girn, & Munro, 2001; Langley, Carrette, & Malhotra, 1989; Malhotra & Bremner, 1996; Swamy & Hung, 1998). Buz çözücü tuzlara maruz beton yol uygulamalarında yüksek hacimli uçucu kül kullanılması durumunda betonların pullanma direnci azalmaktadır (Tyler Ley, Harris, Folliard, & Hover, 2008). Laboratuvar ve saha çalışmaları uçucu küllerin klorür penetrasyonunu engellediği ve serbest klorürlerin içeriğini azaltarak korozyonu azalttığını göstermiştir. Uçucu kül kalsiyum-silikat hidratlar (C-S-H) üretmek için kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girer ve daha az bir gözenek yapısı oluşturarak geçirgenliği azaltmaktadır. Ayrıca, alüminat hidratları arttırdığı ve bir C-A-S-H jeli oluşturduğu rapor edilmiştir. Bu etki normal Portland çimentosu betonuna kıyasla klorürleri bağlama kapasitesini arttırmaktadır (Dhir, El-Mohr, & Dyer, 1997). Dhir ve arkadaşları (Dhir et al., 1997), klorür bağlama kabiliyetinin uçucu külün kütle olarak %50'lik ikame seviyelerine kadar yükseldiğini ve daha yüksek oranlarda uçucu kül kullanılması durumunda ise %64 oranında azaldığını bulmuşlardır. Yüksek hacimli uçucu kül kullanılan betonun klorür bağlama kabiliyetindeki artış uçucu küldeki yüksek alümina içeriğine bağlıdır, bu da klorürlerin kimyasal bağlanmasına ve Friedel tuzunun oluşumuna neden olmaktadır (Dhir et al., 1997). Thomas ve arkadaşları, 10 yıl boyunca deniz ortamında yüksek hacimli uçucu kül (% 50'ye kadar) içeren betonların performansını incelemiş ve uçucu kül içeriği arttıkça klorür penetrasyonuna karşı direncin arttığını bulmuşlardır. Bununla birlikte, yetersiz kür uygulanan ve düşük mukavemetli uçucu kül katkılı betonlarda portlanditin [Ca(OH)₂] azalması sonucu olarak, normal betondan çok daha hızlı bir oranda karbonatlaşma tespit edilmiştir (Moffatt et al., 2017; Thomas, M.D.A., Matthews, 1992).

Uçucu külün kimyasal bileşimi, ASR azaltma mekanizması üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Saha et al., 2018). Birçok çalışmada F sınıfı uçucu küllerin, C sınıfı uçucu küllere göre ASR etkisini azaltmada daha iyi performans gösterdiği bildirilmiştir (Carrasquillo & Snow, 1987; García-Lodeiro, Palomo, & Fernández-Jiménez, 2007; Shehata & Thomas, 2000, 2006). Bununla birlikte numunelerin boylarını genleşme sınır dahilinde tutmak için C sınıfı uçucu külün daha yüksek oranlarda kullanılması gerekmektedir. F Sınıf uçucu kül yüksek miktarda amorf silika ve düşük miktarda kireç içermektedir. Sonuç olarak yüksek oranda amorf silikanın varlığı portlanditi gözenek çözeltisinden tüketmektedir. Portlanditin gözenek çözeltisinden kullanılması alkalinitenin azalmasına neden olmaktadır. Diğer yandan C sınıfı uçucu kül bünyesinde F sınıfı uçucu kül ile kıyaslandığında daha yüksek miktarda kalsiyum oksit bulundurmaktadır. Ayrıca, F sınıfı uçucu küldde yer alan amorf silika puzolanik reaksiyon etkisi ile gözenekliliği azaltmaktadır. Sonuç olarak viskoz ASR jellinin birikmesi için F sınıfı uçucu küllü betonda daha az boşluk mevcuttur (Bellmann, Moser, & Stark, 2003; Shehata & Thomas, 2000). Ek olarak, numunelerin genleşmeleri sadece uçucu külün kalsiyum içeriğine değil, aynı zamanda kalsiyum oksit silika (CaO/SiO_2) oranına da bağlıdır. Daha yüksek CaO/SiO_2 oranlarına sahip uçucu küllerin daha düşük CaO/SiO_2 oranlarına kıyasla daha fazla genleşme gösterdiği belirlenmiştir (Shehata & Thomas, 2006). Uçucu kül bağlayıcı matriste alkalileri bağlayarak ve portlanditi azaltarak ASR genleşmelerini azaltmaktadır (Saha et al., 2018).

F sınıfı uçucu kül, çimento hidratasyonu sırasında oluşmuş olan portlanditi tüketerek sülfat direncini artırır ve portlanditin sülfatlarla reaksiyona girmesini engeller. Kireç açısından zengin C sınıfı uçucu kül, bağımsız olarak kendi kalsiyum hidroksidini üretir ve böylece sülfat atağına karşı betonu zayıflatır (Hemalatha & Ramaswamy, 2017). Dunstan, uçucu külddeki sülfat direncine etkiye bulunanların CaO ve Fe_2O_3 olduğunu bildirmiştir. Uçucu kül bünyesindeki kalsiyum oksit miktarının artması yada demir oksit miktarının azalması sülfat direncini azaltmaktadır (E. R. Dunstan, 1980). 24 aylık laboratuvarında gerçekleştirilen sülfat atağı deneylerinde, Al-Dulaijan ve ark. kullandıkları uçucu külün betonun sülfat direncini artırabileceğini iddia etmişlerdir (Al-Dulaijan, 2007). Nie ve ark. %30 oranında kullanılan düşük kalsiyumlu uçucu küllerin Na_2SO_4 'a karşı dayanıklılığını arttırdığını belirtmiştir. Yüksek kalsiyumlu uçucu küllerde ise C_3A ve $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$ varlığından dolayı sülfat direnci azalmaktadır (Nie, Zhou, Shu, He, & Huang, 2014). Sülfat etkisine maruz betonlarda kullanılan uçucu külün bünyesinde CaO oranı %10'u geçmemelidir (Tikal'sky & Carrasquillo, 1989).

Wang ve diğ. Kombine donma-çözülme ve sülfat ataklarına karşı uçucu kül ve silis dumanı içeren betonların dayanıklılığını araştırmışlardır. DeneySEL sonuçlara göre, % 25 uçucu kül ve % 5-8 silis dumanı kullanılması betonun kombine donma-çözülme ve sülfat ataklarına karşı direncini arttırmıştır (D. Wang, Zhou, Meng, & Chen, 2017).

Wang ve ark. uçucu kül katkılı betonların yüksek sıcaklık dayanıklılığı ve ısı iletkenliğini araştırmışlardır. Sonuç olarak, yüksek sıcaklığa maruz kaldıktan sonra hem normal beton hem de uçucu küllü betonunun basınç dayanımı ve termal iletkenliğinin önemli ölçüde azaldığı ve numunelerin 550 °C sıcaklığa tabi

tutulduğunda, basınç mukavemetinin yaklaşık %26 azaldığı tespit edilmiştir. Uçucu külün yüksek sıcaklığa maruz kalan beton özelliklerini iyileştirdiği de rapor edilmiştir. (W. Wang, Lu, Li, & Li, 2017).

Lu ve ark. uçucu küllü betonların pH seviyelerini ve karbonatlaşma derinlikleri üzerine araştırma yapmıştır. Sonuç olarak; Uçucu küllü beton için karbonatlaşma derinliği zaman ile birlikte kademeli olarak artmıştır ancak büyüme hızı kademeli olarak azalmıştır. Bu olayın nedeni uçucu külün portlandit içeriğini azaltması ile açıklanmıştır (Lu, Wang, Li, Hao, & Xu, 2018).

2.2. Yüksek Fırın Cürufu

Yüksek fırın cürufu, yüksek fırında pik demir üretiminde açığa çıkan bir yan üründür ve bünyesinde yüksek oranda CaO bulunan alümino-silikat esaslı atık malzemedir (ACI, 2000). Erimiş cüruf bir havuzda su yardımı veya güçlü su jetleri ile hızla soğutulduğunda, gizli hidrolik özelliklere sahip granül büyük oranda camsı bir forma dönüşür (Pal, Mukherjee, & Pathak, 2003). Günümüzde yüksek fırın cürufu beton ve çimento teknolojisinde sıkça kullanılmaktadır. Yüksek fırın cürufu çimentoların kullanımı oldukça avantajlıdır; enerji korunumu, sera gazı etkisinin azaltılması ve doğal kaynakların korunumu bunlardan bazılarıdır (Özbay, Erdemir, & Durmuş, 2016). Yüksek fırın cürufu kullanımı, çimento esaslı malzemelerde ton başına düşen karbondioksit salımlarında kayda değer bir azalmaya ve endüstriyel üretim süreçlerinin yan ürünlerini tüketme anlamına gelmektedir (Thomas, Hooton, Scott, & Zibara, 2012). Dünyada bir ton çimento üretimi için ortalama emisyon faktörü (çimentonun hazır beton tesisine taşınması dahil) 0.910 ton CO₂-e/ton'dur. Diğer taraftan, bu değer yüksek fırın cürufu çimentolar için 0.143 ton CO₂-e/ton'a düşmektedir. Yüksek fırın cürufu betonda %35-65 oranında ikame edilerek Portland çimentosu yerine kullanılmaktadır. Sonuç olarak %50 oranında yüksek fırın cürufu Portland çimentosu ile yer değiştirildiğinde yaklaşık olarak 0.5 ton CO₂ azalmasını sağlayacaktır (Özbay et al., 2016).

Yüksek fırın cürufunun beton üretiminde kullanılması sonucu gözenek boyutunun değiştiği ve yüksek fırın cürufunun çimento hidrasyon ürünü olan kalsiyum hidroksit ve alkaliler ile reaksiyonuna bağlı olarak betonun geçirgenliğini önemli ölçüde azalttığı belgelenmiştir (Özbay et al., 2016). Yapılan bir çalışmada %40 oranında yüksek fırın cürufu kullanımı betonların aşınma değerlerini arttırmaktadır. Yüksek fırın cürufu oranının artması sonucunda ağırlık kaybı aşınma derinliği azalmaktadır (Ozbay, Lachemi, & Sevim, 2011).

Literatürde yüksek fırın cürufu içerikli betonların karbonatlaşma direnciyle ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Borges, Costa, Milestone, Lynsdale, & Streatfield, 2010; Gruyaert, Van Den Heede, & De Belie, 2013; Sisomphon & Franke, 2007; Younsi, Turcry, Ait-Mokhtar, & Staquet, 2013). Younsi ve ark. göre kompoze çimentodaki yüksek fırın cürufu içeriğinin arttırılması karbonatlaşma etkisine daha zayıf betonlar elde edilmesini sağlamıştır (Younsı et al., 2013). Borges ve diğ., %75 ve %90 oranında yüksek fırın cürufu içeren pastaların hızlandırılmış karbonatlaşma direncini incelemişlerdir. Pastalar 20 ve 60 °C'de 90 gün süreyle %5 karbon dioksit ve %60 bağıl nem altında kürlenmiştir. Pasta üretimindeki yüksek fırın cürufu miktarının artması karbonatlaşma oranını önemli ölçüde arttırmıştır (Borges et al., 2010).

Yüksek fırın cürufu içerikli betonların donma-çözülme dayanıklılığına ait literatürde birçok çalışma yer almaktadır (Deja, 2003; Giergiczny, Glinicki, Sokołowski, & Zielinski, 2009; Osborne, 1999; Toutanji, Delatte, Aggoun, Duval, & Danson, 2004). Bazı araştırmacılar, Portland çimentosundan üretilen betonların yüksek fırın cürufu içeren betonlardan daha yüksek donma-çözülme direncine sahip olduğunu ileri sürmüşlerdir (Vejmelková, Keppert, Grzeszczyk, Skaliński, & Černý, 2011). Bununla birlikte, bazı araştırmacılar da % 60 yüksek fırın cürufu içerikli betonların geleneksel betonlardan daha iyi donma-çözülme direncine sahip olduğunu iddia etmiştir (Stark & Ludwig, 1997).

Betonun alkalinitesini, alkali hareketliliğini ve betondaki serbest kireci azaltma ile betonun geçirgenlik direncini iyileştirmesi nedeniyle, yüksek fırın cürufu alkali silika reaksiyonuna bağlı olarak betonun genleşmesini azaltmaktadır (Bouikni, Swamy, & Bali, 2009; Gifford & Gillott, 1996; Siddique, 2014). Kwon tarafından, yüksek fırın cürufu ikame oranı ve inceliğinin yüksek dayanımlı betonlarda alkali silika reaksiyonuna etkileri ile ilgili kapsamlı bir deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak; en düşük genleşme katsayısı %60 yüksek fırın cürufu içeren betonlarda elde edilmiştir. Ayrıca yüksek fırın cürufu inceliğinin artması ASR hasarını azaltmaktadır (Kwon, 2005).

Portland çimentosunun yüksek fırın cürufu ile yer değiştirilmesi sonucu, C_3A ve portlandit içeriğindeki azalma, beton geçirimliliğinin azalmasına da bağlı olarak sülfat direncinin arttığı birçok araştırma ile kanıtlanmıştır (Maes & De Belie, 2014). Wee ve diğ. yüksek fırın cürufu katkılı betonların sülfat etkisi ile bozulma mekanizmasını tropik iklim şartları altında incelemiştir. Betonlar %5 Na_2SO_4 çözeltisinde 32 hafta boyunca bekletilmiştir. Sonuç olarak yüksek fırın cürufunun %75 ve 85 oranlarında kullanılması sülfat direncine büyük katkı sağlamaktadır (Wee, Suryavanshi, Wong, & Rahman, 2000). Higgins, yüksek fırın cürufu ikame oranının betonun sülfat direncine etkisini araştırmıştır. Portland çimentosu betonu 6 yılda Na_2SO_4 etkisinde tamamen bozulurken, yüksek fırın cürufu içerikli betonlarda sadece önemsiz mukavemet kaybı ve örneklerde köşe bozulması gözlemlenmiştir. Ancak Na_2SO_4 çözeltisinin aksine, magnezyum sülfat çözeltisinde bekletilen yüksek fırın cürufu içerikli betonların performansı, normal betonunun performansından daha kötü olmuştur (Higgins, 2003). Lopez ve ark. yüksek fırın cürufunun çimento harçlarındaki etkilerini araştırmış ve daha ince taneli cürufun sülfat etkisine karşı olumlu etki göstererek minimum genleşme oranını sunmuştur (López, Pineda, & Gutiérrez, 2015).

Beton üzerindeki buz ve karın erimesi için kullanılan çözücü tuzlar, yüzeyde pullanmaya ve dökülmeye neden olmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda yüksek fırın cürufu ilavesi betonların pullanma direncini azaltmaktadır (Özbay et al., 2016). Bouzoubaa ve ark., Kanada-Montreal'de yedi farklı betondan üretilen beton yolların buz çözücü tuzlara karşı zararlı etkilerini belirlemek için araştırmalarda bulunmuştur. Sonuç olarak %25 oranında yüksek fırın cürufu ilavesinin pullanma direncini arttırdığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte karışım tasarımında yüksek fırın cürufu içeriğinin % 25'ten % 35'e çıkarılması betonun pullanma direncinde azalmaya yol açmaktadır (Bouzoubaa et al., 2008).

Thomas ve ark., ögütülmüş yüksek fırın cürufu içerikli betonları, Essex'teki (Birleşik Krallık) Shoeburyness yakınındaki Thames Estuary'de yer alan bir deniz yapısındaki dalga bölgesinde bekleterek 25 yıl deniz suyuna maruz bırakmışlardır. Bu araştırmanın bulguları olarak, yüksek fırın cürufunun betonların klorür penetrasyonuna karşı önemli ölçüde direnç gösterdiğini ve yüksek seviyelerde yüksek fırın cürufu kullanımının çok agresif bir deniz ortamında betonun nispeten daha üstün performans gösterdiğini kanıtlamıştır (Thomas, Scott, Bremner, Bilodeau, & Day, 2008).

Cürufu çimento kullanılarak yapılan 12 km uzunluğundaki Kral Fahd Causeway köprüsü (Suudi Arabistan) tamamlandıktan dokuz yıl sonra yapılan incelemelerde herhangi bir korozyon hasarına rastlanılmamıştır (Bijen, 1996). Diğer örnekler ise Hollanda'da Kuzey Denizi kıyısında inşa edilen ve çoğu cürufu çimento kullanılarak yapılan deniz yapılarıdır. Polder ve ark. 18 ile 41 yaşları arasındaki yapıları sahada incelemiş ve bunların çoğunda korozyon hasarı tespit edilememiştir (Polder & De Rooij, 2005).

Ortega vd. CEM I 42.5R ve CEM III/B 42.5 L/SR çimentoları kullanarak ürettikleri betonları 180 gün boyunca Akdeniz iklimi şartlarına (Alicante/İspanya) maruz bırakmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, yüksek fırın cürufu betonların gerçek bir Akdeniz iklimi ortamına maruz kaldığında kısa vadede (180 gün) iyi hizmet özellikleri sağladığı, hatta Normal Portland çimentosu ile yapılan betonlara kıyasla daha iyi olduğu da belirtilmiştir (Ortega, Isidro, Marta, & Miguel Ángel, 2017).

Betonda yüksek fırın cürufu kullanımıyla, betonun yüksek sıcaklıktaki direnci, cürufun puzolanik aktivitesinin bir sonucu olarak artmaktadır. Poon ve ark., silis dumanı, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu dahil olmak üzere yüksek mukavemetli betonları maksimum 800 °C'ye kadar farklı sıcaklık koşullarına maruz bırakmıştır. Deney sonuçlarına göre, yüksek fırın cürufu ile özellikle 600 °C'nin altındaki betonlar, kontrol betonuna göre en iyi performansı göstermiştir. Önceki çalışmalarda, beton içerisinde %40 yüksek fırın cürufu kullanımı ile 200 °C yüksek sıcaklığa maruz betonların basınç dayanımlarının oda koşullarında test edilenlere göre % 15 oranında arttığı bulunmuştur (Poon, Azhar, Anson, & Wong, 2001).

CEM III (yüksek fırın cüruf çimentosu) çimentosundan üretilen betonlar, laktik ve asetik asit saldırısına karşı en iyi direnci göstermiştir. CEM III çimentosunu CEM II (kompoze çimento), CEM V (puzolanik çimento) ve CEM I (Portland çimentosu) izlemiştir (De Belie, Verselder, De Blaere, Van Nieuwenburg, & Verschoore, 1996). Bertron ve ark., CEM III/B 42.5 N ile yapılan ve sentetik sıvı gübresine (pH 4 veya 6) maruz bırakılan çimento pastalarının normal çimento pastalarından daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir. Yüksek fırın cürufu içerikli pastalar için kütle kaybı ve asit penetrasyon derinliği daha az olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, yüksek fırın cürufu içerikli pastaların yanı sıra normal çimento pastalarında penetrasyon bölgesindeki, kristalize (susuz ve hidratlanmış bileşikler) ve amorf hidratlanmış fazların neredeyse tamamen dekalsifikasyona uğradığı yada ortadan kalktığı görülmüştür. Ayrıca penetrasyon bölgesi neredeyse tamamen Si, Al ve Fe'den oluşmakla beraber zayıf bir mekanik performansa sahiptir. Ancak bünyesinde Al ve

Fe içeren silika jel oluşumu muhtemel asit etkisinin şiddetini sınırlamaktadır (A. Bertron, Escadeillas, & Duchesne, 2004; Alexandra Bertron, Larreur-Cayol, & Escadeillas, 2011). Gruyaert ve ark. yaptığı çalışmaya göre çimento yerine kullanılan yüksek fırın cürufunun %50'den %85'e çıkarılması, betonun asit direncine önemli ölçüde katkı sağlamamaktadır (Gruyaert, Van Den Heede, Maes, & De Belie, 2012).

2.3. Silis Dumanı

Silis dumanı, silikon ve ferrosilikon endüstrisinde ergitme işleminin bir yan ürünüdür. Mikro silika, yoğunlaştırılmış silis dumanı, uçucu silis veya silis tozu olarak da bilinir. Silis dumanı rengi ya hafif beyaz yada gridir. Silis dumanı parçacık boyutu açısından çimentodan 100 kat daha küçük endüstriyel atıktır (Khan & Siddique, 2011). Silis dumanı, betonun sülfat ve asitlere, korozyona, aşınma gibi zararlı etkilere karşı özelliklerini iyileştirmek için kullanılmaktadır (Motahari Karein, Ramezaniyanpour, Ebadi, Isapour, & Karakouzian, 2017).

Hooton tarafından yapılan çalışma bulgularına göre, alkali-silika reaksiyonunu (ASR) kontrol etmek için silis dumanı kullanımı etkili bir yöntem olarak belirlenmiştir. Bu özelliğinden dolayı silis dumanı kullanımında bir artış meydana gelmiştir (Hooton, 1993). Bazı araştırmalarda, silis dumanı tanelerinin, puzolan yerine reaktif agrega olarak davrandığını ve aslında ASR'yi şiddetlendirdiği öne sürülmüştür. Bu tür çelişkili sonuçlar sahada ve laboratuvar koşullarında da elde edilmiştir (Maas, Ideker, & Juenger, 2007).

Hooton, %0, %10, %15 ve %20 silis dumanı içeren betonların donma-çözülme direncini incelemiştir. Test sonuçları, Portland çimentosu betonunun 58 döngüden sonra ASTM C 666'ya göre (Prosedür A) başarısız olduğunu gösterdi; tüm silis dumanı içerikli betonlarda ise 300 döngüden sonra %90'ın üzerinde dayanıklılık faktörü elde edilmiştir. %10, %15 ve %20 silis dumanı içerikli betonlarda sırasıyla 97.5, 93.4 ve 92.8 dayanıklılık faktörleri elde edilmiştir (Hooton, 1993). Cwirzen ve Penttala, çimento-agrega arayüzey geçiş bölgesinde (ITZ) yüksek performanslı betonlar için silis dumanının dona dayanıklılığı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Pullanma direnci, artan silis dumanı miktarı ve azalan s/b oranı ile artmıştır (Cwirzen & Penttala, 2005).

Dotto ve ark, silis dumanının betonarme çubuklarının korozyon davranışları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar, %6 silis dumanı katkısının betonun elektrik direncini 2,5 kat artırdığını ve %12 silis dumanının ise 5 kat arttığını göstermiştir. Bu etki, betonarme içerisindeki çeliğin korozyona karşı korunmasında silis dumanının kullanılması etkili bir yöntem olacağını göstermektedir (Dotto, De Abreu, Dal Molin, & Müller, 2004).

Kayali ve Zhu, silis dumanı takviyeli 70 MPa'lık basınç dayanımına sahip betonları %2 klorür solüsyonunda kısmi daldırma işlemine tabi tutmuş ve sonra klor geçirgenliğini incelemiştir. Test sonuçları %10 silis dumanı içeren yüksek mukavemetli betonların aşırı yüksek korozyon direncine sahip olduğunu göstermiştir (Kayali & Zhu, 2005).

Wee ve ark. çimento yerine %5 ve %10 oranında silis dumanı kullanmış ve hazırladıkları numuneleri sodyum sülfat etkisine maruz bırakmışlardır. Silis dumanı

katkılı betonların yaklaşık 1 yıl %5'lik sodyum sülfat çözeltisinde maruz kalmasının ardından numunelerde belirgin hasar tespit edilmemiştir (Wee et al., 2000).

Grimaldi ve ark, karbonatlaşma derinliğinin, silis dumanı içeren harçlarda referans karışıma göre daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Bu olayın sonucunu, puzolanik reaksiyonun neden olduğu pH'nın azalmasına bağlamışlardır (Grimaldi & Rinaldi, 2004). Kulakowski silis dumanı katkı betonlarda yaptığı araştırmada da benzer sonuçları belirlemiştir. Silis dumanının %10'dan fazla kullanılması durumunda karbonatlaşmanın arttığı ve buna bağlı olarak da korozyon riskinin ortaya çıktığını belirtmiştir (Kulakowski, Pereira, & Molin, 2009).

Farahani ve ark. %5, 7.5, 10 ve 12.5 oranlarında çimento yerine silis dumanı kullanmıştır. hazırladıkları beton numunelerini 28 günlük kür süresinden sonra İran'ın güneyinde yer alan Bandar Abbas'da bulunan araştırma merkezinde, 3, 9, 36 ve 60 ay boyunca gelgit bölgesinde bekletmişlerdir. Test sonuçlarına göre deniz ortamında meydana gelen klor difüzyonu %10 silis dumanı kullanılarak oldukça azaltılmıştır. Gelgit bölgesindeki beton numunelerinin sıcaklığının artması sonucuna klor difüzyonunda da artışlar gözlenmiştir (Farahani, Taghaddos, & Shekarchi, 2015).

2.4.Pirinç Kabuğu Külü

Dünya genelinde yıllık pirinç üretimi 742 milyon tondur ve yaklaşık 148 milyon ton pirinç kabuğu oluşmaktadır. Her bir ton pirinç kabuğu için yaklaşık 0.19 ton kül elde edilmektedir. Pirinç kabuğu külü pirinç kabuğu yakılarak üretilir. Pirinç kabuğu külünün betonda kullanılmasıyla daha ekonomik ve çevreci çözümler elde edilmektedir. Yüksek bir yüzey alanına ve puzolanik özelliğe sahip olan tarımsal yan ürün pirinç kabuğu külü çimento ikame malzemesi olarak kullanılabilir.(Sandhu & Siddique, 2017).

Ramasamy, pirinç kabuğu külünün çimento ile kısmen yer değiştirilmesi sonucu, klorür penetrasyonunun arttığını ancak bu artışın çok düşük kategoride (100-1000 coulombs) olduğunu savunmuştur. Benzer davranışları Chopra ve ark.'da yaptığı çalışmada elde etmiştir (Chopra, Siddique, & Kunal, 2015; Ramasamy, 2012).

Kannan ve Ganesan, metakaolin, pirinç kabuğu külü ve metakaolin+pirinç kabuğu külünü çimento ile yer değiştirerek kendiliğinden yerleşen betonlarda asit direncini incelemiştir. Pirinç kabuğu külü ve metakaolin+pirinç kabuğu külü katkı KYB karışımlarının, sülfürik asit ataklarına karşı metakaolin katkı KYB karışımlarından daha iyi bir direnç gösterdiği gözlenmiştir (Kannan & Ganesan, 2014).

Le ve ark., %20 oranında pirinç kabuğu içeren KYB karışımlarının alkali silika reaksiyonuna direncini araştırmışlardır. 14 gün sonra, örnekler % 0.10'dan daha düşük bir genişleme gösterirken, 28 gün sonra kontrol numunesi ve pirinç kabuğu külü katkı (15.6 µm tane boyutlu) numune, sırasıyla %0.27 ve %0.46'lık bir artış göstermiştir. Pirinç kabuğu külünün tane boyutunun 7.7 µm olması durumunda harç numunelerinin 56 gün sonrasında ASR açısından daha fazla genişleme gösterdiği rapor edilmiştir (Le, Siewert, & Ludwig, 2015).

Yüksek oranda karbonatlaşmaya maruz kalan beton örneklerinde kullanılan, pirinç kabuğu külünün klorür penetrasyonuna karşı direnci azalttığı tespit edilmiştir (Chindaprasirt, Rukzon, & Sirivivatnanon, 2008). Gastaldini ve ark. K_2SO_4 'ü kimyasal aktivatör olarak kullanmasıyla pirinç kabuğu külü ile betonda karbonatlaşmanın azaldığı belirlenmiştir (Gastaldini, Isaia, Gomes, & Sperb, 2007). Rukzon ve Chindaprasirt yaptıkları çalışmada; karbonatlaşma derinliğinin pirinç kabuğu külü oranının artması ile birlikte arttığını gözlemlemiştir (Rukzon, Chindaprasirt, & Mahachai, 2009).

2.5. Biyokütle Külleri

Odun dışı biyo-yakıtlar (örn. tarımsal atıklar) alternatif yakıtlar arasında yer almaktadır. Biyo-ürünlerden çıkarılan enerji ve atıkların kullanımı giderek artan bir uygulamadır. Elde edilen küller, enerji santralleri ve biyo-ürünlerdeki biyokütle yanmasının yan ürünleridir. Odun dışı biyokütle külünün nispeten yüksek silis ve alkali içerikleri, yüksek performanslı ve sürdürülebilir beton malzemelerin üretilmesine yönelik katkı sağlamaktadır. (Matalkah, Soroushian, Ul Abideen, & Peyvandi, 2016).

García ve Sousa biyokütle külünün içeriği arttıkça klorür geçirgenliğinin arttığını belirtmiştir (Garcia & Sousa-Coutinho, 2013). Johnson ve ark., biyokütle kül içeriğinin donma-çözülme döngülerinin davranışları üzerinde bir etkisi olmadığını gözlemlemiştir (Johnson, Catalan, & Kinrade, 2010). Ramos ve ark. biyokütle küllerinin alkali-silika testindeki genleşmeyi azalttığını belirtmiştir (Ramos, Matos, & Sousa-Coutinho, 2013). Wang ve Baxter %25 oranında biyokütle külünü çimento yerine kullandığında, donma-çözülme etkisi üzerinde hiçbir etkisinin olmadığını ve daha yüksek partikül büyüklüğüne bağlı olarak daha yüksek klorür geçirgenliği sergilediğini göstermiştir (S. Wang & Baxter, 2007).

Nagrockien ve Daugela tarafından yapılan testler sonucunda, %15 oranında biyokütle külünün daha iyi donma-çözülme direnci özelliklerine sahip olduğunu ve inşaat işlerinde kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Nagrockienė & Daugėla, 2018).

2.6. Elektrik Ark Fırını Cürufu

Elektrik ark fırını cürufu çelik üretim sürecinde, ton başına yaklaşık 150 kg açığa çıkmakta ve her yıl 2,5 milyon tondan fazla bir miktarda atık madde ortaya çıkmaktadır. Çelik cürufları, yapay agrega olarak beton üretiminde ve puzolan olarak çimento endüstrisinde, aynı zamanda karayolu ve geoteknik uygulamalarda da kullanılarak geri dönüşümü sağlanmaktadır (Autelitano & Giuliani, 2016).

Amaral, ark fırını cürufu ile yaptığı çalışmada alkali-agrega reaksiyonu ve sülfat etkisinde betonda önemli genleşme davranışlarını gözlemlememiştir. Ayrıca ark fırını cürufu kullanımı betonda karbonatlaşma derinliğini bir miktar arttırmaktadır (Arribas, Vegas, San-José, & Manso, 2014). Ark fırını cürufu genellikle beton endüstrisinde agrega olarak kullanılmaktadır. Yapılan araştırma bulgularında ark fırını cürufu sülfatlara karşı dayanıklılığı biraz daha azaltmaktadır. Ark fırını cürufu yüksek gözenekliliği nedeniyle betonun donma-çözülme döngülerine karşı direncini de azaltmaktadır (Arribas et al., 2014).

Vicario ve ark., doğal ince agregalar yerine değişik miktarlarda elektrik ark fırını cürufu kullanarak bazı dayanıklılık deneyleri yapmıştır. Donma-çözülme etkisi, ıslanma-kuruma çevrimi, deniz suyu etkisi, tuz kristallendirme ve endüstriyel atmosferlere (Kesternich testi) tabi tutulan harçların dayanıklılıkları incelenmiştir. Testler, yüksek oranlarda agrega olarak kullanılan ark fırını cürufu içeren harçların uzun süreli dayanıklılığını doğrulamıştır (Santamaría-Vicario, Rodríguez, Junco, Gutiérrez-González, & Calderón, 2016). Santamaria ve ark., yaptığı başka bir çalışmada ark fırını cürufunu kendiliğinden yerleşen betonda agrega olarak kullanımının betonun pompalanabilirliğini ve maliyetine katkı sağladığını göstermiştir (Santamaría et al., 2017). Faleschini ve ark., yüksek performanslı beton üretiminde elektrik ark fırını cürufunu agrega olarak kullanmıştır. Ark fırını cürufu kullanımı klorürlü ortamda betonun dayanıklılığını arttırarak difüzyon katsayısının azalmasına neden olmaktadır (Faleschini et al., 2015). Santamaria yaptığı bir çalışmada; elektro-kimyasal korozyon deneylerinde, elektrik ark fırını cürufu agregalarını içeren betonların çelik donatı korozyonuna karşı olumlu etkisini ortaya koymuştur. Ca-iyonlarının cüruftaki varlığına bağlı olarak çimentolu matrise eklenmesi, çelik donatının uzun süreli korunmasına ilişkin olarak çok olumlu katkı sağlamıştır (Santamaría, Orbe, San José, & González, 2018).

2.7. Cam Tozu

Geri dönüşümlü cam tozunun, literatürde son yıllarda çimento ikame malzemesi olarak kullanımı artış göstermiştir (Dyer & Dhir, 2001; Kamali & Ghahremaninezhad, 2015; Nassar & Soroushian, 2012; Shao, Lefort, Moras, & Rodriguez, 2000). Beton üretiminde atık camın kullanılması, camın geri dönüşüm oranını arttırmakta ve çöp alanlarında biriken camın azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Nassar & Soroushian, 2012). Betonda agrega olarak atık cam kullanımı önceki araştırmacılar tarafından incelenmiş sonuç olarak betonun mekanik ve dayanıklılık özelliklerini azalttığını göstermiştir (Jin, Meyer, & Baxter, 2000; Topçu & Canbaz, 2004). Cam içerisindeki silis içeriği, alkali-silika reaksiyonunun (ASR) oluşumu için büyük bir potansiyele sahip olup betonda birincil bozucu etkisi olarak gösterilmiştir (Kamali & Ghahremaninezhad, 2015). Camın tane boyutu dağılımının betonun ASR davranışı üzerindeki etkisi kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve camın ortalama tane büyüklüğünün azalmasıyla birlikte ASR genleşmesinin azaltılmasına yönelik genel bir eğilim gözlenmiştir (Shayan & Xu, 2004). Cam tozlarının çimentolu malzemelerin ASR genleşmesi üzerindeki azaltıcı etkisi, uçucu kül, silis dumanı ve metakaolin gibi diğer puzolanik malzemelerde sergilenen puzolanik reaksiyonlara atfedilmiştir (Duchesne & Bérubé, 1994).

Schwarz ve ark., ortalama 20 µm boyutunda cam tozunun betonun klorür geçirgenliği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Erken yaşlarda klorür geçirgenliğinde bir azalma ve daha sonraki yaşlarda kontrol betonuna benzer bir klor geçirgenliği gözlenmiştir (Schwarz, Cam, & Neithalath, 2008). Kamali tarafından yapılan çalışmada benzer sonuçlar gözlenmiştir. Cam tozu içeren beton numunelerin, klorür penetrasyonuna karşı önemli direnç gösterdiği gözlenmiştir (Kamali & Ghahremaninezhad, 2015). Sousa-Coutinho, çimento yerine %10 ve 20 oranında cam tozu kullanmış sonuç olarak; cam tozu eklenmesiyle karbonatlaşma direncinin azaldığı ve klorür difüzyonunun ise azaldığı belirlenmiştir (Matos & Sousa-Coutinho, 2012).

Beton veya harç üretiminde cam tozunun çimento ile yer değiştirilmesi asit saldırısına, donma-çözülme etkisine ve ASR genleşmesine karşı direnci önemli ölçüde arttırmaktadır (Omran & Tagnit-Hamou, 2016; Schwarz et al., 2008; Siad, Lachemi, Sahmaran, & Hossain, 2016). Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda cam tozunun puzolanik özelliği nedeniyle gözenek yapısını geliştirmesine bağlı olarak sülfat direncini arttırdığı da rapor edilmiştir (Matos & Sousa-Coutinho, 2012).

2.8. Kanalizasyon Çamur Külleri

Büyük miktarlarda (yılda 1.7 milyon ton) açığa çıkan kanalizasyon çamuru küllerinin, kompoze çimentoların üretiminde kullanımı yoğun olarak araştırılmıştır (Cyr, Idir, & Escadeillas, 2012; Donatello & Cheeseman, 2013; Zhan & Poon, 2015). Kanalizasyon çamuru külü, harç ve beton üretiminde mineral katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Monzó, Paya, Borrachero, & Córcoles, 1996; Pan, Tseng, Lee, & Lee, 2003). Kanalizasyon çamurunun elde edilmesi aşamasında su, organik madde ve patojenik mikroorganizmaların giderilmesin için kalsinasyon işlemi gereklidir. Kalsinasyon aynı zamanda kanalizasyon çamur külünün çimento hidratasyonundan oluşan bileşiklerle reaksiyonunu da (puzolanik özellik) sağlamaktadır (Durante Ingunza, Camarini, & Murilo Silva da Costa, 2018). Chen ve Poon çimento yerine farklı oranlarda kanalizasyon çamurunu kullanmış ve pastaların gözenek yapılarındaki değişikliklerin düşük çamur külü içeriklerinde önemsiz olduğunu belirlemiştir (Chen & Poon, 2017). Kanalizasyon çamuru külüne ait durabilite özellikleri çok incelenmemiş sadece mekanik özellikleri ele alınmıştır.

2.9. Mermer Tozu

Beton ve harç üretiminde mermer atıklarının kullanımına yönelik araştırmalar son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Çimento yerine mermer tozu için tane boyutunun 2 mm'den daha küçük olması gerekmektedir. Mermer tozunun %10'dan fazla kullanılması durumunda mekanik özelliklerde azalmalar gerçekleşmektedir (Khyaliya, Kabeer, & Vyas, 2017; Sardinha, de Brito, & Rodrigues, 2016). Betonda çimento yerine mermer tozu kullanıldığında, istenen çökme değeri için karışımlarda akışkanlaştırıcı kullanılmalıdır. Mermer tozunun artması ile betonların birim hacim ağırlığı azalmaktadır. Aynı etki betonların elastisite modüllerinde de ortaya çıkmaktadır (Rodrigues, De Brito, & Sardinha, 2015). Dayanıklılık açısından, mikro boşlukları azaltma etkisi nedeniyle ince mermer tozu, çimento yerine %10 oranında kullanıldığında zararlı iyonların betona girişi engellenmektedir. Mermer tozunun bu etkisi korozyon ve karbonatlaşma riskini de azaltmaktadır (Rana, Kalla, & Csetenyi, 2015). Beton karışımlarının dayanıklılığı ile ilgili olarak, Gameiro ve ark. kılcallık etkisi ve su emme değerinin azalması için optimum ikame oranının %20 olduğunu belirtmişlerdir (Gameiro, De Brito, & Correia da Silva, 2014). Keleştemur ve ark. Tarafından yapılan çalışmalarda mermer tozu içeriğindeki artışla yangın direnci artmış ancak tam tersine donma çözülme direnci azalmıştır (Oğuzhan Keleştemur, Arıcı, Yıldız, & Gökçer, 2014; Oğuzhan Keleştemur, Yıldız, Gökçer, & Arıcı, 2014).

Munir ve ark. ASR kontrolü için mermer tozu üzerine araştırmalar yapmışlardır. Atık mermer tozu ASR genleşmesini kontrol etmek için ve sürdürülebilir yapı tasarımı için etkin bir şekilde kullanılabilir. Mermer tozunun KYB üretiminde mineral katkı maddesi olarak kullanılması betonun sülfat atağına karşı direncini artırır özellikle mermer tozu içeriğinin artması ile sodyum sülfat saldırısına karşı direnci artmaktadır

(Sadek, El-Attar, & Ali, 2016). Mermer tozu, kompozit çimentoda klinker yerine %15 oranında kısmi olarak kullanılabilir. Buna ek olarak dayanıklılık özelliklerinde bir gelişme gözlenirken betonun basınç dayanımında azalma meydana gelmemektedir (Talah, Kharchi, & Chaid, 2015).

3. SONUÇLAR

Yapılan literatür taraması sonucunda aşağıdaki genel sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada yer alan endüstriyel atıkların kullanımı betonların sülfat, asit, klor geçirgenliği, donma çözülme dayanıklılığını ve korozyon direncini arttırmaktadır. Endüstriyel atıklar beton içerisindeki boşluk içeriğini azalttığı için durabilite özelliklerini genellikle olumlu etkilemektedir.

ASR açısından C sınıfı uçucu küller olumlu katkı sağlamamaktadır. ASR riskini azaltmak için F sınıfı uçucu küller, silis dumanı, yüksek fırın cürufu kullanımı daha olumlu katkılar sağlamaktadır.

Beton üretiminde kullanılan endüstriyel atıkların dezavantajları arasında karbonatlaşma ve pullanma direnci yer almaktadır. Endüstriyel atıkların kullanımı sonucunda beton içerisindeki pH değerinin azalması karbonatlaşmayı hızlandırmaktadır. Yapılan çalışmalarda endüstriyel atık kullanımı genellikle pullanma direncini de azaltmıştır. Ancak bu olumsuz özellikler s/b oranının azaltılması ile ortadan kaldırılacaktır.

Endüstriyel atıkların kullanımı betonun hidrasyon ısını azaltarak rötre çatlaklarını azaltmaktadır. Bu etkisinden dolayı beton yol tasarımında endüstriyel katkıların kullanımı önemli bir etken olmaktadır.

Son yıllarda ülkemizde SSB ile beton yolların yapım oranı artış göstermiştir. SSB yapımında endüstriyel atıkların kullanımı betona teknik, çevresel ve maliyet açısından büyük katkı sağlayacaktır.

Türkiye’de daha çok uçucu kül ve yüksek fırın cürufu gibi endüstriyel atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu atıklar ile SSB üretildiği takdirde sürdürülebilirlik ve durabilite kriterleri açısından daha uygun çözümler ortaya çıkacaktır.

KAYNAKLAR

ACAA. (2016). Coal Combustion Products Statistics.

ACI. (1986). Use of fly ash in concrete Reported by ACI Committee 232. NCHRP Synthesis of Highway Practice, 96(Reapproved), 1-34. Retrieved from <http://trid.trb.org/view.aspx?id=277673>

ACI. (2000). 116R-90: Cement and Concrete Terminology. Technical Documents.

Adriano, D. C., Page, A. L., Elseewi, A. A., Chang, A. C., & Straughan, I. (1980). Utilization and Disposal of Fly Ash and Other Coal Residues in Terrestrial Ecosystems: A Review1. Journal of Environment Quality.

Al-Dulaijan, S. U. (2007). Sulfate resistance of plain and blended cements exposed to magnesium sulfate solutions. Construction and Building Materials.

Arribas, I., Vegas, I., San-José, J. T., & Manso, J. M. (2014). Durability studies on steelmaking slag concretes. Materials and Design.

- Autelitano, F., & Giuliani, F. (2016). Electric arc furnace slags in cement-treated materials for road construction: Mechanical and durability properties. *Construction and Building Materials*.
- Bellmann, F., Moser, B., & Stark, J. (2003). The pozzolanic reaction of coal fly ash and its effects on the sulfate resistance of concrete. *Zkg International*, 56(10), 70–77.
- Bertron, A., Escadeillas, G., & Duchesne, J. (2004). Cement pastes alteration by liquid manure organic acids: Chemical and mineralogical characterization. *Cement and Concrete Research*.
- Bertron, A., Larreur-Cayol, S., & Escadeillas, G. (2011). Organic acids ' attack on cementitious materials: aggressiveness and degradation mechanisms. In 13th International Congress on the Chemistry of Cement.
- Bijen, J. (1996). Benefits of slag and fly ash. *Construction and Building Materials*.
- Borges, P. H. R., Costa, J. O., Milestone, N. B., Lynsdale, C. J., & Streatfield, R. E. (2010). Carbonation of CH and C-S-H in composite cement pastes containing high amounts of BFS. *Cement and Concrete Research*, 40(2), 284–292.
- Bouikni, A., Swamy, R. N., & Bali, A. (2009). Durability properties of concrete containing 50% and 65% slag. *Construction and Building Materials*.
- Bouzoubaâ, N., Bilodeau, a., Fournier, B., Hooton, R. D., Gagné, R., & Jolin, M. (2008). Deicing salt scaling resistance of concrete incorporating supplementary cementing materials: laboratory and field test data. *Canadian Journal of Civil Engineering*.
- Carrasquillo, R. L., & Snow, P. G. (1987). Effect Of Fly Ash On Alkali-Aggregate Reaction In Concrete. *ACI Materials Journal*.
- Chen, Z., & Poon, C. S. (2017). Comparative studies on the effects of sewage sludge ash and fly ash on cement hydration and properties of cement mortars. *Construction and Building Materials*.
- Chindaprasirt, P., Rukzon, S., & Sirivivatnanon, V. (2008). Effect of carbon dioxide on chloride penetration and chloride ion diffusion coefficient of blended Portland cement mortar. *Construction and Building Materials*.
- Chopra, D., Siddique, R., & Kunal. (2015). Strength, permeability and microstructure of self-compacting concrete containing rice husk ash. *Biosystems Engineering*.
- Cwirzen, A., & Penttala, V. (2005). Aggregate-cement paste transition zone properties affecting the salt-frost damage of high-performance concretes. *Cement and Concrete Research*.
- Cyr, M., Idir, R., & Escadeillas, G. (2012). Use of metakaolin to stabilize sewage sludge ash and municipal solid waste incineration fly ash in cement-based materials. *Journal of Hazardous Materials*.
- De Belie, N., Verselder, H. J., De Blaere, B., Van Nieuwenburg, D., & Verschoore, R. (1996). Influence of the cement type on the resistance of concrete to feed acids. *Cement and Concrete Research*.
- Deja, J. (2003). Freezing and de-icing salt resistance of blast furnace slag concretes. *Cement and Concrete Composites*.

- Delagrave, A., Marchand, J., Pigeon, M., & Boisvert, J. (1997). Deicer salt scaling resistance of roller-compacted concrete pavements. *ACI Materials Journal*.
- Dhir, R. K., El-Mohr, M. A. K., & Dyer, T. D. (1997). Developing chloride resisting concrete using PFA. *Cement and Concrete Research*.
- Donatello, S., & Cheeseman, C. R. (2013). Recycling and recovery routes for incinerated sewage sludge ash (ISSA): A review. *Waste Management*.
- Dong, B., Gu, Z., Qiu, Q., Liu, Y., Ding, W., Xing, F., & Hong, S. (2018). Electrochemical feature for chloride ion transportation in fly ash blended cementitious materials. *Construction and Building Materials*.
- Dotto, J. M. R., De Abreu, A. G., Dal Molin, D. C. C., & Müller, I. L. (2004). Influence of silica fume addition on concretes physical properties and on corrosion behaviour of reinforcement bars. *Cement and Concrete Composites*.
- Duchesne, J., & Bérubé, M. A. (1994). The effectiveness of supplementary cementing materials in suppressing expansion due to ASR: Another look at the reaction mechanisms part 2: Pore solution chemistry. *Cement and Concrete Research*.
- Dunstan, E. R. (1980). A Possible Method for Identifying Fly Ashes That Will Improve the Sulfate Resistance of Concretes. *Cement, Concrete and Aggregates*.
- Dunstan, M. R. H., & Joyce, R. E. (1987). High Fly Ash Content Concrete: A Review and a Case History. In *SP-100: Concrete Durability: Proceedings of Katharine and Bryant Mather International Symposium* (Vol. 100, pp. 1411-1444).
- Durante Ingunza, M. del P., Camarini, G., & Murilo Silva da Costa, F. (2018). Performance of mortars with the addition of septic tank sludge ash. *Construction and Building Materials*.
- Dyer, T. D., & Dhir, R. K. (2001). Chemical Reactions of Glass Cullet Used as Cement Component. *Journal of Materials in Civil Engineering*.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2001\)13:6\(412\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2001)13:6(412))
- Faleschini, F., Alejandro Fernández-Ruiz, M., Zanini, M. A., Brunelli, K., Pellegrino, C., & Hernández-Montes, E. (2015). High performance concrete with electric arc furnace slag as aggregate: Mechanical and durability properties. *Construction and Building Materials*.
- Farahani, A., Taghaddos, H., & Shekarchi, M. (2015). Prediction of long-term chloride diffusion in silica fume concrete in a marine environment. *Cement and Concrete Composites*.
- Gameiro, F., De Brito, J., & Correia da Silva, D. (2014). Durability performance of structural concrete containing fine aggregates from waste generated by marble quarrying industry. *Engineering Structures*.
- García-Lodeiro, I., Palomo, A., & Fernández-Jiménez, A. (2007). Alkali-aggregate reaction in activated fly ash systems. *Cement and Concrete Research*.
- Garcia, M. D. L., & Sousa-Coutinho, J. (2013). Strength and durability of cement with forest waste bottom ash. *Construction and Building Materials*.

- Gastaldini, A. L. G., Isaia, G. C., Gomes, N. S., & Sperb, J. E. K. (2007). Chloride penetration and carbonation in concrete with rice husk ash and chemical activators. *Cement and Concrete Composites*.
- Ghahari, S. A., Mohammadi, A., & Ramezaniyanpour, A. A. (2017). Performance assessment of natural pozzolan roller compacted concrete pavements. *Case Studies in Construction Materials*.
- Giergiczny, Z., Glinicki, M. A., Sokołowski, M., & Zielinski, M. (2009). Air void system and frost-salt scaling of concrete containing slag-blended cement. *Construction and Building Materials*.
- Gifford, P. M., & Gillott, J. E. (1996). Alkali-silica reaction (ASR) and alkali-carbonate reaction (ACR) in activated blast furnace slag cement (ABFSC) concrete. *Cement and Concrete Research*.
- Grimaldi, A., & Rinaldi, Z. (2004). Influence of the steel properties on the ductility of R.C. structures. *Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics*.
- Gruyaert, E., Van Den Heede, P., & De Belie, N. (2013). Carbonation of slag concrete: Effect of the cement replacement level and curing on the carbonation coefficient - Effect of carbonation on the pore structure. *Cement and Concrete Composites*.
- Gruyaert, E., Van Den Heede, P., Maes, M., & De Belie, N. (2012). Investigation of the influence of blast-furnace slag on the resistance of concrete against organic acid or sulphate attack by means of accelerated degradation tests. *Cement and Concrete Research*.
- Hemalatha, T., & Ramaswamy, A. (2017). A review on fly ash characteristics – Towards promoting high volume utilization in developing sustainable concrete. *Journal of Cleaner Production*.
- Higgins, D. D. (2003). Increased sulfate resistance of ggbs concrete in the presence of carbonate. In *Cement and Concrete Composites*.
- Hooton, R. D. (1993). Influence of silica fume replacement of cement on physical properties and resistance to sulfate attack, freezing and thawing, and alkali-silica reactivity. *ACI Materials Journal*.
- Hopkins, D. S., Thomas, M. D. A., Oates, D. B., Girn, G., & Munro, R. (2001). York University uses High-Volume Fly Ash Concrete for Green Building. *Proceedings-Canadian Society for Civil Engineering*.
- Jin, W., Meyer, C., & Baxter, S. (2000). "Glasscrete"-concrete with glass aggregate. *ACI Materials Journal*.
- Jingfu, K., Chuncui, H., & Zhenli, Z. (2009). Strength and shrinkage behaviors of roller-compacted concrete with rubber additives. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*.
- Johnson, A., Catalan, L. J. J., & Kinrade, S. D. (2010). Characterization and evaluation of fly-ash from co-combustion of lignite and wood pellets for use as cement admixture. *Fuel*.

- Kamali, M., & Ghahremaninezhad, A. (2015). Effect of glass powders on the mechanical and durability properties of cementitious materials. *Construction and Building Materials*.
- Kannan, V., & Ganesan, K. (2014). Chloride and chemical resistance of self compacting concrete containing rice husk ash and metakaolin. *Construction and Building Materials*.
- Kayali, O., & Zhu, B. (2005). Corrosion performance of medium-strength and silica fume high-strength reinforced concrete in a chloride solution. *Cement and Concrete Composites*.
- Keleştemur, O., Arıcı, E., Yıldız, S., & Gökçer, B. (2014). Performance evaluation of cement mortars containing marble dust and glass fiber exposed to high temperature by using Taguchi method. *Construction and Building Materials*.
- Keleştemur, O., Yıldız, S., Gökçer, B., & Arici, E. (2014). Statistical analysis for freeze-thaw resistance of cement mortars containing marble dust and glass fiber. *Materials and Design*.
- Khan, M. I., & Siddique, R. (2011). Utilization of silica fume in concrete: Review of durability properties. *Resources, Conservation and Recycling*.
- Khyaliya, R. K., Kabeer, K. I. S. A., & Vyas, A. K. (2017). Evaluation of strength and durability of lean mortar mixes containing marble waste. *Construction and Building Materials*.
- Kulakowski, M. P., Pereira, F. M., & Molin, D. C. C. D. (2009). Carbonation-induced reinforcement corrosion in silica fume concrete. *Construction and Building Materials*.
- Kwon, Y. J. (2005). A study on the alkali-aggregate reaction in high-strength concrete with particular respect to the ground granulated blast-furnace slag effect. *Cement and Concrete Research*.
- Langley, W. S., Carrette, G. G., & Malhotra, V. M. (1989). Structural concrete incorporating high volumes of ASTM Class F fly ash. *ACI Materials Journal*.
- Le, H. T., Siewert, K., & Ludwig, H. M. (2015). Alkali silica reaction in mortar formulated from self-compacting high performance concrete containing rice husk ash. *Construction and Building Materials*.
- Li, Y., Wang, R., Li, S., Zhao, Y., & Qin, Y. (2018). Resistance of recycled aggregate concrete containing low- and high-volume fly ash against the combined action of freeze-thaw cycles and sulfate attack. *Construction and Building Materials*.
- López, M. M., Pineda, Y., & Gutiérrez, O. (2015). Evaluation of Durability and Mechanical Properties of the Cement Mortar Added with Slag Blast Furnace. *Procedia Materials Science*.
- Lu, C. feng, Wang, W., Li, Q. tao, Hao, M., & Xu, Y. (2018). Effects of micro-environmental climate on the carbonation depth and the pH value in fly ash concrete. *Journal of Cleaner Production*.
- Maas, A. J., Ideker, J. H., & Juenger, M. C. G. (2007). Alkali silica reactivity of agglomerated silica fume. *Cement and Concrete Research*.

- Maes, M., & De Belie, N. (2014). Resistance of concrete and mortar against combined attack of chloride and sodium sulphate. *Cement and Concrete Composites*.
- Malhotra, V. M., & Bremner, T. W. (1996). Performance of Concrete at Treat Island, U. S. A.: CANMET Investigations. In SP163-01 Third CANMET/ACI Intl Conf on Performance of Conc in Marine Environment.
- Mataalkah, F., Soroushian, P., Ul Abideen, S., & Peyvandi, A. (2016). Use of non-wood biomass combustion ash in development of alkali-activated concrete. *Construction and Building Materials*.
- Matos, A. M., & Sousa-Coutinho, J. (2012). Durability of mortar using waste glass powder as cement replacement. *Construction and Building Materials*.
- Moffatt, E. G., Thomas, M. D. A., & Fahim, A. (2017). Performance of high-volume fly ash concrete in marine environment. *Cement and Concrete Research*.
- Monzó, J., Paya, J., Borrachero, M. V., & Córcoles, A. (1996). Use of sewage sludge ash(SSA)-cement admixtures in mortars. *Cement and Concrete Research*.
- Motahari Karein, S. M., Ramezaniapour, A. A., Ebadi, T., Isapour, S., & Karakouzian, M. (2017). A new approach for application of silica fume in concrete: Wet granulation. *Construction and Building Materials*.
- Nagrockienè, D., & Daugèla, A. (2018). Investigation into the properties of concrete modified with biomass combustion fly ash. *Construction and Building Materials*, 174, 369-375.
- Nanni, A., Ludwig, D., & Shoenberger, J. (1996). Roller compacted concrete for highway pavements. *Concrete International*.
- Nassar, R. U. D., & Soroushian, P. (2012). Strength and durability of recycled aggregate concrete containing milled glass as partial replacement for cement. *Construction and Building Materials*.
- Nie, Q., Zhou, C., Shu, X., He, Q., & Huang, B. (2014). Chemical, mechanical, and durability properties of concrete with local mineral admixtures under sulfate environment in Northwest China. *Materials*.
- Omran, A., & Tagnit-Hamou, A. (2016). Performance of glass-powder concrete in field applications. *Construction and Building Materials*.
- Ortega, M., Isidro, S., Marta, C., & Miguel Ángel, C. (2017). Short-Term Behavior of Slag Concretes Exposed to a Real In Situ Mediterranean Climate Environment. *Materials*, 10(915), 1-17.
- Osborne, G. J. (1999). Durability of Portland blast-furnace slag cement concrete. *Cement and Concrete Composites*.
- Özbay, E., Erdemir, M., & Durmuş, H. İ. (2016). Utilization and efficiency of ground granulated blast furnace slag on concrete properties - A review. *Construction and Building Materials*.
- Ozbay, E., Lachemi, M., & Sevim, U. K. (2011). Compressive strength, abrasion resistance and energy absorption capacity of rubberized concretes with and without slag. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*.

- Pal, S. C., Mukherjee, A., & Pathak, S. R. (2003). Investigation of hydraulic activity of ground granulated blast furnace slag in concrete. *Cement and Concrete Research*.
- Pan, S. C., Tseng, D. H., Lee, C. C., & Lee, C. (2003). Influence of the fineness of sewage sludge ash on the mortar properties. *Cement and Concrete Research*.
- Pigeon, M. M., & Malhotra, V. M. (1995). FROST-RESISTANCE OF ROLLER-COMPACTED HIGH-VOLUME FLY-ASH CONCRETE. *Journal of Materials in Civil Engineering*.
- Polder, R. B., & De Rooij, M. R. (2005). Durability of marine concrete structures - Field investigations and modelling. *Heron*.
- Poon, C. S., Azhar, S., Anson, M., & Wong, Y. L. (2001). Comparison of the strength and durability performance of normal- and high-strength pozzolanic concretes at elevated temperatures. *Cement and Concrete Research*.
- Ramasamy, V. (2012). Compressive strength and durability properties of Rice Husk Ash concrete. *KSCE Journal of Civil Engineering*.
- Ramos, T., Matos, A. M., & Sousa-Coutinho, J. (2013). Mortar with wood waste ash: Mechanical strength carbonation resistance and ASR expansion. *Construction and Building Materials*.
- Rana, A., Kalla, P., & Csetenyi, L. J. (2015). Sustainable use of marble slurry in concrete. *Journal of Cleaner Production*.
- Rodrigues, R., De Brito, J., & Sardinha, M. (2015). Mechanical properties of structural concrete containing very fine aggregates from marble cutting sludge. *Construction and Building Materials*.
- Rukzon, S., Chindaprasirt, P., & Mahachai, R. (2009). Effect of grinding on chemical and physical properties of rice husk ash. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*.
- Sadek, D. M., El-Attar, M. M., & Ali, H. A. (2016). Reusing of marble and granite powders in self-compacting concrete for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*.
- Saha, A. K., Khan, M. N. N., Sarker, P. K., Shaikh, F. A., & Pramanik, A. (2018). The ASR mechanism of reactive aggregates in concrete and its mitigation by fly ash: A critical review. *Construction and Building Materials*.
- Sandhu, R. K., & Siddique, R. (2017). Influence of rice husk ash (RHA) on the properties of self-compacting concrete: A review. *Construction and Building Materials*.
- Santamaría-Vicario, I., Rodríguez, A., Junco, C., Gutiérrez-González, S., & Calderón, V. (2016). Durability behavior of steelmaking slag masonry mortars. *Materials and Design*.
- Santamaría, A., Orbe, A., Losañez, M. M., Skaf, M., Ortega-Lopez, V., & González, J. J. (2017). Self-compacting concrete incorporating electric arc-furnace steelmaking slag as aggregate. *Materials and Design*.
- Santamaría, A., Orbe, A., San José, J. T., & González, J. J. (2018). A study on the durability of structural concrete incorporating electric steelmaking slags. *Construction and Building Materials*.

- Sardinha, M., de Brito, J., & Rodrigues, R. (2016). Durability properties of structural concrete containing very fine aggregates of marble sludge. *Construction and Building Materials*.
- Schwarz, N., Cam, H., & Neithalath, N. (2008). Influence of a fine glass powder on the durability characteristics of concrete and its comparison to fly ash. *Cement and Concrete Composites*.
- Shamsaei, M., Aghayan, I., & Kazemi, K. A. (2017). Experimental investigation of using cross-linked polyethylene waste as aggregate in roller compacted concrete pavement. *Journal of Cleaner Production*.
- Shao, Y., Lefort, T., Moras, S., & Rodriguez, D. (2000). Studies on concrete containing ground waste glass. *Cement and Concrete Research*.
- Shayan, A., & Xu, A. (2004). Value-added utilisation of waste glass in concrete. *Cement and Concrete Research*, 34(1), 81–89.
- Shehata, M. H., & Thomas, M. D. A. (2000). Effect of fly ash composition on the expansion of concrete due to alkali-silica reaction. *Cement and Concrete Research*.
- Shehata, M. H., & Thomas, M. D. A. (2006). Alkali release characteristics of blended cements. *Cement and Concrete Research*.
- Siad, H., Lachemi, M., Sahmaran, M., & Hossain, K. M. A. (2016). Effect of glass powder on sulfuric acid resistance of cementitious materials. *Construction and Building Materials*.
- Siddique, R. (2014). Utilization (recycling) of iron and steel industry by-product (GGBS) in concrete: Strength and durability properties. *Journal of Material Cycles and Waste Management*.
- Sisomphon, K., & Franke, L. (2007). Carbonation rates of concretes containing high volume of pozzolanic materials. *Cement and Concrete Research*, 37(12), 1647–1653.
- Stark, J., & Ludwig, H. M. (1997). Freeze-thaw and freeze-deicing salt resistance of concretes containing cement rich in granulated blast furnace slag. *ACI Materials Journal*, 94(1), 47–55.
- Swamy, R. N., & Hung, H. H. (1998). Engineering Properties of High Volume Fly Ash Concrete. In SP-178: Sixth CANMET/ACI/JCI Conference: Fly Ash, Silica Fume, Slag & Natural Pozzolans in Concrete.
- Talah, A., Kharchi, F., & Chaid, R. (2015). Influence of Marble Powder on High Performance Concrete Behavior. In *Procedia Engineering*.
- Thomas, M.D.A., Matthews, J. D. . (1992). The permeability of fly ash concrete. *Mater. Struct.* 25(151), 388–396. Igarss 2014.
- Thomas, M. D. A., Hooton, R. D., Scott, A., & Zibara, H. (2012). The effect of supplementary cementitious materials on chloride binding in hardened cement paste. *Cement and Concrete Research*.
- Thomas, M. D. A., Scott, A., Bremner, T., Bilodeau, A., & Day, D. (2008). Performance of slag concrete in marine environment. *ACI Materials Journal*.

- Tikalsky, P. J., & Carrasquillo, R. L. (1989). the Effect of Fly Ash on the Sulfate Resistance of Concrete. Center for Transportation Research.
- Topçu, İ. B., & Canbaz, M. (2004). Properties of concrete containing waste glass. Cement and Concrete Research.
- Toutanji, H., Delatte, N., Aggoun, S., Duval, R., & Danson, A. (2004). Effect of supplementary cementitious materials on the compressive strength and durability of short-term cured concrete. Cement and Concrete Research.
- Tyler Ley, M., Harris, N. J., Folliard, K. J., & Hover, K. C. (2008). Investigation of air-entraining admixture dosage in fly ash concrete. ACI Materials Journal.
- Vejmelková, E., Keppert, M., Grzeszczyk, S., Skaliński, B., & Černý, R. (2011). Properties of self-compacting concrete mixtures containing metakaolin and blast furnace slag. Construction and Building Materials.
- Wang, D., Zhou, X., Meng, Y., & Chen, Z. (2017). Durability of concrete containing fly ash and silica fume against combined freezing-thawing and sulfate attack. Construction and Building Materials.
- Wang, S., & Baxter, L. (2007). Comprehensive study of biomass fly ash in concrete: Strength, microscopy, kinetics and durability. Fuel Processing Technology.
- Wang, W., Lu, C., Li, Y., & Li, Q. (2017). An investigation on thermal conductivity of fly ash concrete after elevated temperature exposure. Construction and Building Materials.
- Wee, T. H., Suryavanshi, A. K., Wong, S. F., & Rahman, A. K. M. A. (2000). Sulfate Resistance of Concrete Containing Mineral Admixtures. Aci Materials Journal.
- Younsi, A., Turcry, P., Ait-Mokhtar, A., & Staquet, S. (2013). Accelerated carbonation of concrete with high content of mineral additions: Effect of interactions between hydration and drying. Cement and Concrete Research.
- Zarrin, O., & Shirazi, R. (2015). Design of Roller Compacting Concrete Pavement. International Journal of Civil and Environmental Engineering, 9(6), 785–788. Retrieved from <https://waset.org/publications/10003177/design-of-roller-compacting-concrete-pavement>
- Zhan, B. J., & Poon, C. S. (2015). Study on feasibility of reutilizing textile effluent sludge for producing concrete blocks. Journal of Cleaner Production.

EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON PPO & POD ENZYME ACTIVITY AND SOME QUALITY PARAMETERS IN PEACH (*PRUNUS PERSICA* L. cv. MONROE) JUICE

Hande BALTACIOĞLU

Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Food Engineering, 51240, Niğde, Turkey handebaltacioglu@ohu.edu.tr

ABSTRACT: Influence of heat treatment on peach juice was evaluated in this study. In order to determine the effect of thermal treatment on peach (*Prunus Persica* L. cv. Monroe) juice, different mild temperatures (40, 50, 60 and 70 °C) and times (10, 20, 30 and 40 min) was applied to the juices. Although, 99% inactivation was observed at 60 °C for 10 min for PPO, same reduction was observed at 70 °C for 10 min for POD. During the thermal treatment, pH decreased, titrable acidity and total soluble solid increased. According to the color values, fruit juices became darker, lost the yellowness and became red during the heat treatment. However, BI values showed that thermal treatment at 70 °C for 10 min did not cause a big change in color and sufficient for complete inactivation for PPO and POD enzymes in peach juice (*Prunus Persica* L. cv. Monroe).

Key words: Peach juice, heat treatment, PPO, POD, quality attributes

INTRODUCTION

The consumption of fruit juice is increasing day by day with the tendency to healthy diet in recent years. Peach (*Prunus persica* L.), which belongs to the Rosaceae family, is processed to juice due to its delicious flavor and nutritional value. Peach was reported that one of the most consumed fruit juice in our country and the second most produced fruit juice after apple juice (Anonymous, 2011).

The color changes due to enzymatic browning during the processes of fruit juice production have been seen as an important problem affecting the color, flavor and nutritional quality of fruit juice. Polyphenol oxidase (PPO, E.C 1.14.18.1) and Peroxidase (POD, E.C 1.11.1.7) are the important enzymes associated with the enzymatic browning of phenolic substances in fruit and vegetable products. PPO, a copper-containing enzyme, oxidizes the phenolic compounds in the presence of molecular oxygen to the corresponding o-quinones, which subsequently polymerize non-enzymatically to brown pigments. POD catalyzes the oxidation reaction in which hydrogen peroxide acts as the acceptor and phenolic compounds act as the hydrogen donor (Lopes, Toralles, & Rombaldi, 2014).

Thermal treatment is the most common and widely employed technique in order to obtain a reliable product for the inactivation of microorganisms and enzymes in the fruit juice industry. However, thermal treatment may induce several chemical and physical changes that impair the organoleptic properties of fruit juices, while inactivating enzymes and microorganisms. Recent years, mild temperature-long time (MTLT) heat treatments (temperature <80 °C and holding times >30 s) were studied in fruit juices to improve the quality while inactivating enzymes. MTLT heat treatments

provided significant reduction of PPO and POD enzymes in pear juice (Saeeduddin et al., 2015), apple/banana/orange/strawberry smoothie (Keenan, Rößle, Gormley, Butler, & Brunton, 2012) and preserved color cucumber juice (Wang et al., 2013). Although, thermal stabilities of purified PPO and POD in different peach varieties during thermal treatment were investigated in many research (Lopes et al., 2014; Tijskens et al., 1997; Yemenicioğlu & Cemeroğlu, 1997; Neves & Lourenço, 1998; Toralles, Vendruscolo, Vendruscolo, Del Pino, & Antunes, 2005; Liu, Cao, Qi, & Yang, 2015), the effect of MTLT heat treatment on PPO and POD enzymes and some quality attributes such as color, browning index, pH, titrable acidity and brix in peach juice has not been studied yet. In this study, the effect of MTLT heat treatment on peach (*Prunus persica* L. cv. Monroe) juice investigated for the first time. For this purpose, taking into account different temperature and time, the effect of thermal treatment on PPO and POD enzymes and important quality parameters of peach juice such as brix, pH, titrable acidity, color and browning index (BI) were examined.

METHODS

Chemicals

Sodium hydroxide, pyrocatechol, dibasic potassium phosphate (K_2HPO_4), monobasic potassium phosphate (KH_2PO_4), hydrogen peroxide (H_2O_2), and pyrogallol were obtained from Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA). All other chemicals were of analytical grade.

Materials

The fresh peach (*Prunus persica* L. cv. Monroe) used in this study was provided from the Research and Application Garden of Faculty of Agricultural Sciences and Technologies at Niğde Ömer Halisdemir University. The peaches were washed with water, dried with paper towels and cut into two pieces. The seeds were discarded. Juice extractor of K1579Y (Arcelik, Turkey) was used to extract the juice. The freshly extracted juice was selected as the control. It was put in a vessel of 200 mL and wrapped by parafilm and stored at 4 °C until further analysis.

Thermal treatment at ambient pressure

Thermal treatment of peach juice was performed at varying temperatures in the range of 40–70 °C with a 10 °C increment for 10, 20, 30 and 40 min. The peach juice (200 ml) in a glass vessel were heated in a temperature controlled water bath (Yüksel Kaya Makine, YKM-AS209, Turkey) at selected temperatures and times. In order to provide uniform distribution of the temperature in the sample, laboratory type special mechanical stirrer (Isolab, Germany) was used during the heat treatment. The temperature of samples were controlled by thermocouple during the thermal treatment and the time was started when the set temperature was reached. They were immediately transferred to an ice water to stop thermal inactivation instantaneously and the enzyme activity measurements were performed after 10–60 min of storage. All the experiments and measurements were repeated in triplicate.

Determination of PPO residual activity

The peach juice was centrifuged (Nüve, NR 800R, Turkey) at 9,000g, 4 °C for 15 min and then filtrate was used for activity determination. 2 ml of 50 mM potassium

phosphate buffer (pH 6.5) and 0.3 ml of 0.25 M catechol solution in the phosphate buffer which was used as substrate were incubated in a test tube at 25 ± 1 °C. 0.3 ml of peach juice was added to the test tube to initiate the enzyme reaction. Then the tube contents were stirred in a vortex and then transferred to a plastic cuvette instantaneously. PPO activity was determined using a UV-Vis spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, Evolution 300, Massachusetts, USA) at 420 nm at room temperature (25 ± 1 °C). Absorbance was read every 5 s for 3 min. Enzyme activity was calculated from the slope of the initial linear section of the absorbance versus time curves. One unit of enzyme activity was defined as the amount of the enzyme which caused a change of 0.001 in absorbance unit per minute. Enzyme activities were measured 3 times and expressed as residual activity which was calculated by applying Eqs. (1).

$$\text{Residual activity (\%)} = 100 \times A_t / A_0 \quad (1)$$

where A_0 is the enzyme activity of the control sample and A_t is the enzyme activity of treated sample (Baltacıoğlu, Bayındırlı, Severcan, & Severcan, 2015).

Determination of POD residual activity

POD activity was determined using pyrogallol as a substrate according to the method described by Abid et al. (2014) with slight modifications. The reaction mixture was 3.0 mL which contained 1 mL centrifuged peach juice, 1.52 mL of 100 mM potassium-phosphate buffer (pH = 6), 0.32 mL of 5% pyrogallol and 0.16 mL of 0.147 M H_2O_2 . The reaction was initiated by the addition of H_2O_2 and the increase in absorbance was recorded using a spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, Evolution 300, Massachusetts, USA) at 420 nm in 3 min. Enzyme activity was calculated from the slope of the initial linear section of the absorbance versus time curves. One unit of enzyme activity was defined as the amount of the enzyme which caused a change of 0.001 in absorbance unit per minute. Enzyme activities were measured 3 times and expressed as residual activity which was calculated by applying Eqs. (1).

Determination of °Brix, pH, titratable acidity, color and browning index

Brix, pH, titratable acidity and color were measured according to the official methods (The Association of Official Analysis Chemists, AOAC, 2000). Total soluble solid content of samples was determined with Hanna refractometer (HI96801, Woonsocket, R.I., U.S.A) at 20 ± 0.5 °C. In order to wash the prism of the instrument after each sample, distilled water was used. All the determinations were carried out in triplicate. The pH level was measured by using a digital pH meter (VWR, pH 1000 L, Pessac, France). Before determination, buffer solutions of pH 7 and 4 were used to calibrate the pH meter. 10 g of sample and 100 mL of purified water were mixed, continuously stirred with a magnetic stirrer and the pH of the mixture was measured at 20 ± 0.5 °C. Titratable acidity was measured using 0.1 M NaOH up to pH 8.1 and was expressed as a percentage of citric acid. Color values, L^* (whiteness/darkness), a^* (redness/greenness) and b^* (yellowness/blueness) of the samples were determined by a colorimeter (Chroma Meter CR-400 Konica Minolta, Sensing, Inc., Japan). A white reference tile was used to calibrate the instrument. All the measurements were carried out in triplicate.

BI is an important parameter in processes where enzymatic browning takes place and represents the purity of brown color. In order to determine the effectiveness of thermal treatments on the peach juice color, the BI was calculated by using Eqs. (2) and (3).

$$BI = [100(x - 0.31)] / 0.172 \quad (2)$$

where;

$$x = (a^* + 1.75L^*) / (5.645L^* + a^* - 3.012b^*) \quad (3)$$

Statistical analysis

The data were analyzed as a completely randomized design by ANOVA using Minitab 17 (Minitab Inc., State College, PA). Mean separation was performed by Tukey test at $p < 0.05$ level. Analyses results were the mean with triplicate.

RESULTS AND FINDINGS

PPO inactivation during thermal treatment

The results regarding the effects of thermal treatment on enzyme activity of PPO in peach juice were presented in Figure 1. Inactivation of PPO increased when temperature and time increased during the thermal treatment ($p < 0.05$) and also there was a significant interaction ($p < 0.05$) between time and temperature. Low reduction in enzyme activities of peach juice samples treated at 40 °C was observed and residual activity of PPO enzyme 7.94 ± 0.87 % after 40 min heat treatment at 40 °C. Considerable reductions were observed between 50 °C and 70 °C and 99% inactivation was observed at 60 °C for 10 min. Residual enzyme activity after 40 min heat treatment at 50 °C was detected as 2.02 ± 0.03 %.

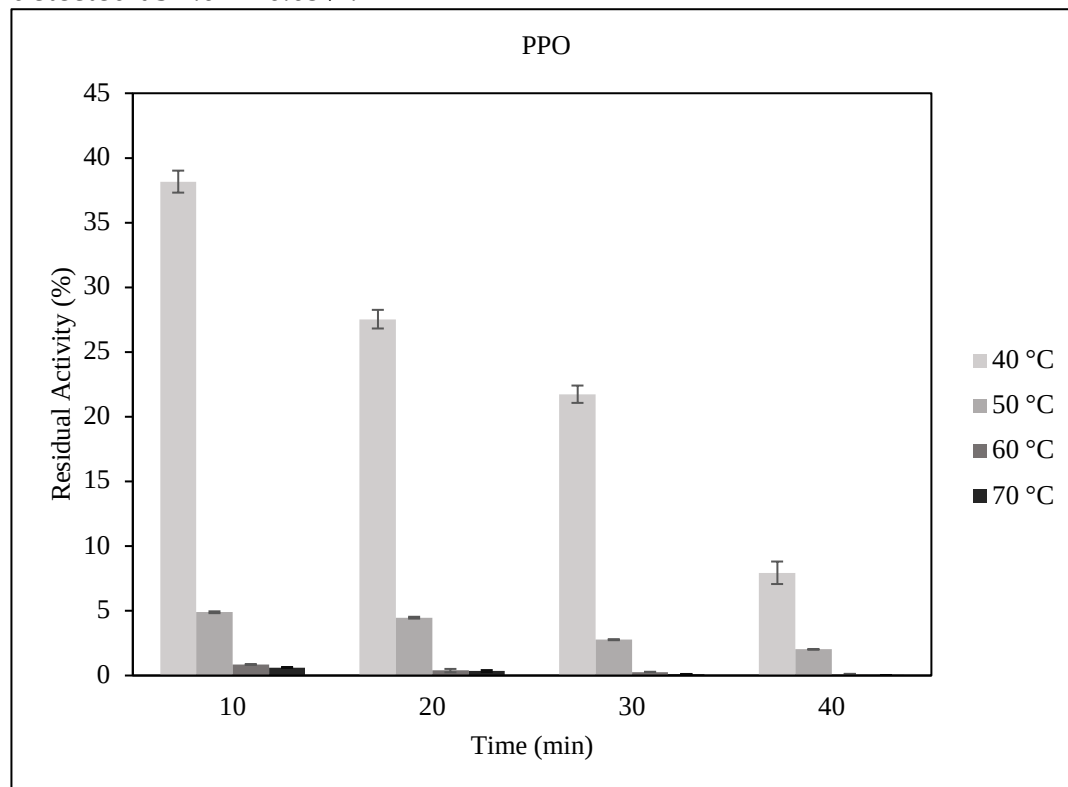


Figure 1. Residual Enzyme Activities of Peach PPO Treated at Different Times and Temperatures

Similarly, PPO inactivation was found to be accelerated above 50 °C in many studies. However, the thermal resistance of the PPO enzyme obtained from different peach varieties was different. The residual activity of PPO was found to be 21% at 70 °C for 5 minutes (Yemenicioğlu & Cemeroğlu 1998). It was observed that 95% of the PPO enzyme activity was lost in Jubileu peach at 70 °C for 550 s (Lopes et al., 2014). Toralles

et al. (2005) determined that 80% of activity was lost at 60 °C for 540 seconds. In the inhibition of the PPO enzyme, obtained from peach (*Prunus persica* L. Batsch), the remaining enzyme activity at pH 6.8 was determined as 20.36% after 9 minutes of incubation at 70 °C.

POD inactivation during thermal treatment

The residual enzyme activity of POD after thermal treatment for different time intervals is shown in Figure 2. It can be seen from the figure that peach POD enzyme was more heat stable than peach PPO enzyme. Similarly, increasing time and temperature increased the inactivation rate of POD enzyme ($p < 0.05$) and also there was a significant interaction ($p < 0.05$) between time and temperature. Heat reduction rate was low in enzyme activities of peach POD during the thermal treatment at 40 °C. The residual activity of POD enzyme was observed as 37.05 ± 0.56 % after 40 min heat treatment at 40 °C. Reduction rate increased after 50 °C heat treatment and 99% inactivation was observed at 70 °C for 10 min.

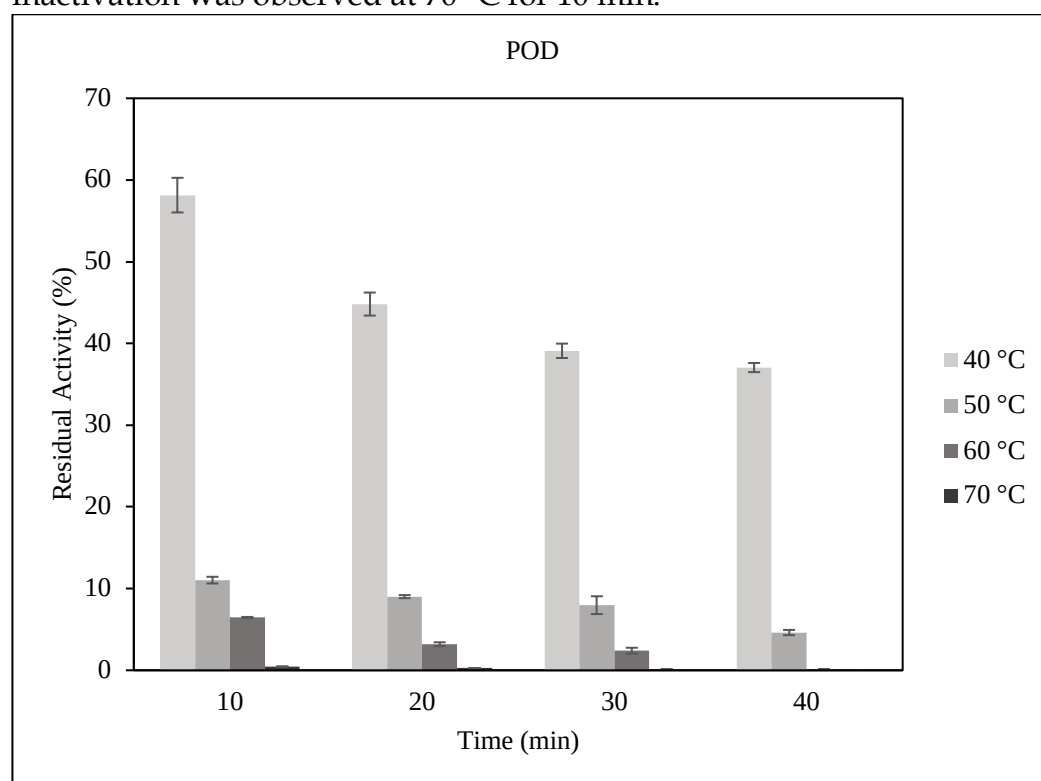


Figure 2. Residual Enzyme Activities of Peach POD Treated at Different Times and Temperatures

In many studies, it was found that POD inactivation increased with increasing temperature and time. However, the inactivation time of POD enzyme obtained from different peach varieties differed according to the heat treatment parameters applied. The remaining activity of peach (*Prunus persica* L. var. Rei da Conserva) POD enzyme at 65 °C for 4 minutes heat treatment was determined as 20%, POD enzyme was lost 95% of its activity at 70 °C for 3 min and at 75 °C for 1 min heat treatments (Neves & Lourenço, 1998). In Jubileu peach, the POD enzyme lost 95% of the activity at 65 °C for 150 s heat treatment (Lopes et al., 2014). It was determined that Granada Peach POD was approximately lost 80% of its activity at 60 °C for 180 seconds heat treatment (Toralles et al., 2005).

Effect of Heat Treatment on Quality Parameters

In parallel with the decrease in enzyme activity, the change in pH, titration acidity, color and brix during heat treatment were also investigated. Quality parameters were not determined at 60 °C for 30 minutes and 70 °C for 20 minutes heat treatments because of sufficient enzyme inactivation. According to the pH values, applied heat treatment temperature and time increased, pH decreased (Table 1).

Table 1. pH values change during heat treatment

Time (min)	pH			
	Temperature (°C)			
	40	50	60	70
Control	3.900 ± 0.001	3.900 ± 0.001	3.900 ± 0.001	3.900 ± 0.001
10	3.889 ± 0.002	3.859 ± 0.001	3.831 ± 0.003	3.852 ± 0.003
20	3.891 ± 0.002	3.833 ± 0.003	3.826 ± 0.002	3.849 ± 0.002
30	3.882 ± 0.005	3.834 ± 0.002	3.819 ± 0.001	-
40	3.879 ± 0.004	3.827 ± 0.002	-	-

The values of titration acidity during the heat treatment recorded at different temperatures and times were shown in Table 2. Parallel to the decrease in pH, titratable acidity slightly increased during the thermal treatment. Increase in acidity was also observed for thermal pasteurized tomato juice (Giner, Hizarci, Mart, Saura, & Valero, 2013).

Table 2. Change in titration acidity during the heat treatment

Time (min)	Titratable acidity (g/100ml)			
	Temperature (°C)			
	40	50	60	70
Control	0.627 ± 0.01	0.627 ± 0.01	0.627 ± 0.01	0.627 ± 0.01
10	0.632 ± 0.01	0.640 ± 0.02	0.666 ± 0.01	0.655 ± 0.03
20	0.631 ± 0.01	0.650 ± 0.04	0.679 ± 0.01	0.660 ± 0.01
30	0.636 ± 0.02	0.660 ± 0.01	0.696 ± 0.01	-
40	0.623 ± 0.01	0.660 ± 0.014	-	-

To determine the effect of heat treatment on total dry matter, brix were determined and the results were shown in Table 3. According to the results, as the temperature and time increased, the values of brix increased. This might be due to the evaporation of water which causes concentration of juice to some extent by heat processing. Similar increase in total soluble solids was observed in mandarin juice, processed at 65, 75 and 85 °C for different times (Pareek, Paliwal, & Mukherjee, 2011).

Table 3. Change in brix during heat treatment

Time (min)	Brix (%)			
	Temperature (°C)			
	40	50	60	70
Control	12.90 ± 0.100	12.90 ± 0.100	12.90 ± 0.100	12.90 ± 0.100
10	13.23 ± 0.058	13.22 ± 0.029	13.27 ± 0.058	13.03 ± 0.058

20	13.30 ± 0.100	13.18 ± 0.035	13.47 ± 0.058	13.03 ± 0.058
30	13.45 ± 0.071	13.23 ± 0.058	13.43 ± 0.058	-
40	13.33 ± 0.058	13.27 ± 0.058	-	-

The color changes in the samples as a result of heat treatments were examined and the results were shown in Table 4. In general, L*, a* and b* values decreased according to the control sample. With the increase of heating time for each temperature, peach juice became darker due to the decrease in the L value, also lost its yellowness due to the decrease in b value and became more red due to the increase in the a value. Color changes during thermal treatment was observed in apple/banana/orange/strawberry smoothie (Keenan et al., 2012) as well as peach puree (Avila & Silva 1999).

Table 4. Change in color during heat treatment

	Color Values		
Temperature (°C)	40		
Time (min)	L*	a*	b*
Control	42,01 ± 0,04	5,58 ± 0,01	23,65 ± 0,05
10	40.33 ± 0.09	8.36 ± 0.09	21.66 ± 0.07
20	39.94 ± 0.03	8.13 ± 0.03	21.54 ± 0.12
30	39.28 ± 0.18	8.06 ± 0.07	20.75 ± 0.09
40	39.97 ± 0.58	8.44 ± 0.18	21.76 ± 0.43
Temperature (°C)	50		
Time (min)	L*	a*	b*
Control	42,01 ± 0,04	5,58 ± 0,01	23,65 ± 0,05
10	40.87 ± 0.06	6.16 ± 0.06	23.31 ± 0.09
20	40.95 ± 0.03	5.78 ± 0.03	23.69 ± 0.06
30	41.18 ± 0.01	5.84 ± 0.01	22.77 ± 0.01
40	40.43 ± 0.02	5.94 ± 0.05	23.05 ± 0.07
Temperature (°C)	60		
Time (min)	L*	a*	b*
Control	42,01 ± 0,04	5,58 ± 0,01	23,65 ± 0,05
10	42.10 ± 0.05	7.84 ± 0.04	23.53 ± 0.04
20	41.90 ± 0.02	7.65 ± 0.06	23.15 ± 0.05
30	41.56 ± 0.04	7.61 ± 0.05	23.04 ± 0.03
40	-	-	-
Temperature (°C)	70		
Time (min)	L*	a*	b*
Control	42,01 ± 0,04	5,58 ± 0,01	23,65 ± 0,05
10	41.69 ± 0.01	5.67 ± 0.03	23.65 ± 0.05
20	41.55 ± 0.04	6.00 ± 0.03	23.42 ± 0.02
30	-	-	-
40	-	-	-

BI has been extensively used in the evaluation of color parameters in many foods such as green vegetables, fruits and meats (Maskan, 2006; Arlette, Olivier, Jean, 2018). BI

values were calculated in order to compare the effect of thermal treatment on peach juice color. The BI values were shown in Table 5. According to table, BI values increased compared to the control. It also increased with the increase of heating temperature for each treatment time up to 70 °C. It could be said that thermal treatment at 70 °C for 10 min did not affect color very much when completely inactivated PPO and POD enzymes in peach juice (*Prunus Persica* L. cv. Monroe).

Table 5. Change in BI values during heat treatment

	BI			
	Temperature (°C)			
Time (min)	40	50	60	70
Control	87.93	87.93	87.93	87.93
10	88.50	90.76	91.15	89.04
20	88.67	91.69	89.63	88.97
30	86.66	89.64	90.04	-
40	90.17	90.43	-	-

CONCLUSION

In this study, the effect of mild heat treatments on peach (*Prunus Persica* L. cv. Monroe) juice was investigated. For this purpose, peach juice was heated at different temperatures (40, 50, 60 and 70 °C) and times (10, 20, 30 and 40 min). Complete inactivation for PPO enzyme was obtained for thermal treatment at 60 °C for 10 min and that was obtained for POD enzyme at 70 °C for 10 min. When quality attributes examined, pH decreased, titrable acidity and total soluble solid increased during the thermal treatment. Color values indicated that fruit juices became darker, lost the yellowness and became red during the heat treatment. Nonetheless, according to the BI values, color of peach juices were not affected very much from thermal treatment at 70 °C for 10 min, that was sufficient for complete inactivation for PPO and POD enzymes in peach juice.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Niğde Ömer Halisdemir University Scientific Research Council (BAP) (Grant FEB 2015/25 BAGEP).

REFERENCES

- Abid, M., Jabbar, S., Hu, B., Hashim, M.M., Wu, T., Lei, S., Khan, M.K., & Zeng, X. (2014). Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 984–990.
- Anonymous. (2011). Türkiye meyve suyu v.b. ürünler sanayi raporu. Retrieved from <http://www.meyed.org.tr>

AOAC. (2000) Official methods of analysis of the Association of Official Analysis Chemists, 17th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

Arlette, A.N., Olivier, K.K., Jean, T.G. (2018). Effect of chemical and thermal treatments on browning inhibition of senescent plantain (*Musa paradisiaca*) puree for semolinas preparation. *American Journal of Biochemistry*, 8 (4), 75-84.

Avila, I.M.L.B., & Silva, C.L.M. (1999). Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. *Journal of Food Engineering*, 39, 161-166.

Baltacıoğlu, H., Bayındırlı, A., Severcan, M., & Severcan, F. (2015). Effect of thermal treatment on secondary structure and conformational change of mushroom polyphenol oxidase (PPO) as food quality related enzyme: A FTIR study. *Food Chemistry*, 187, 263-269.

Giner, M.J., Hizarci, O., Mart, N., Saura, D., & Valero, M. (2013). Novel approaches to reduce brown pigment formation and colour changes in thermal pasteurized tomato juice. *Eur Food Res Technol*, 236, 507-15.

Keenan, D.F., Röfle, C., Gormley, R., Butler, F., & Brunton, N.P. (2012). Effect of high hydrostatic pressure and thermal processing on the nutritional quality and enzyme activity of fruit smoothies. *LWT - Food Sci Technol*, 45, 50-7.

Liu, L., Cao, S., Qi, X., & Yang, Z. (2015). The effect of pH on the activity, thermokinetics and inhibition of polyphenol oxidase from peach. *J Food Sci Technol*, 52(11), 7465-7471.

Lopes, A.M., Toralles, R.P., & Rombaldi, C.V. (2014). Thermal inactivation of polyphenoloxidase and peroxidase in jubileu clingstone peach and yeast isolated from its spoiled puree. *Food Sci. Technol, Campinas*, 34(1), 150-156.

Maskan, M. (2006). Effect of thermal processing on tristimulus colour changes of fruits. *Stewart Postharvest Review*, 5, 10.

Neves, V.A., & Lourenço, E. J. (1998). Peroxidase from peach fruit: thermal stability. *Braz. arch. biol. technol.*, 41(2).

Pareek, S., Paliwal, R., & Mukherjee, S. (2011). Effect of juice extraction methods and processing temperature-time on juice quality of Nagpur mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) during storage. *J Food Sci Technol* 48, 197-203.

Saeeduddin, M., Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M.M., Awad, F.N., Hu, B., Lei, S., & Zeng, X. (2015). Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions. *LWT - Food Sci Technol* 64, 452-8.

Tijskens, L. M. M., Rodis, P. S., Hertog, M. L. A. T. M., Waldron, K. W., Ingham, L., Proxenia, N., & Van Dijk, C. (1997). Activity of peroxidase during blanching of peaches, carrots and potatoes. *Journal of Food Engineering* 34, 355-370.

Toralles, R.P., Vendruscolo, J.L., Vendruscolo, C.T., Del Pino, F.A.B., & Antunes, P.L. (2005). Properties of polyphenoloxidase and peroxidase from granada clingstone peaches. *Braz. J. Food Technol.*, 8 (3), 233-242.

Wang, C., Mao, M., Hu, F., Yu, Y., He, J., & Zhu, S. (2013). Comparison of sensory quality between subjective evaluation and instrument detection for cucumber juice with high pressure processing and heat treatment. *Trans Chin Soc Agr Eng/Nongye Gongcheng Xuebao*, 29, 278-86.



Yemenicioğlu, A., & Cemeroğlu, B. (1998). Hale haven şeftalilerinde polifenol oksidaz enzimlerinin bazı nitelikleri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 22, 261-265.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF OIL AMOUNT ON THE DAMPING FORCE FOR THE SHOCK ABSORBERS

Adem ÖZTÜRK

Automotive Engineering Department, Faculty of Engineering, Uludag University
ademozturk.msc@gmail.com

Orhan KURTULUŞ

Automotive Engineering Department, Faculty of Engineering, Uludag University
orhankurtulus.phd@gmail.com

Serdar GÜNEY

Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Uludag University
serdar.guney@icloud.com

Hande GÜLER ÖZGÜL

Automotive Engineering Department, Faculty of Engineering, Uludag University
handeguler@uludag.edu.tr

ABSTRACT: With the new technologies developed in the automotive industry, vehicle manufacturers are making improvements in many areas and existing technologies in order to be competitive and to ensure customer satisfaction. For a vehicle to be competitive, it is expected that its features such as driving comfort, safety and cost should be at the optimum level.

One of the most effective parts that provides optimum comfort and safety requirements among the suspension system elements is the shock absorber. In determining the performance and safety level of the shock absorber, the amount of oil is of great importance.

The vehicle shock absorbers used in today's technology are designed in three different types: active, semi-active and passive. In these types of shock absorbers, there are two different designs as single pipe and double tube.

In this study, the effects of the amount of oil on the damping force were investigated in a passive and double tube cabin absorber. It was observed that lack of damping force was observed as far away from the optimum oil level. And as a result, the test method has been developed to determine the correct amount of oil in the shock absorber.

Key words: Suspension system, shock absorber, amount of oil, lack of damping.

AMORTİSÖRLERDE YAĞ MİKTARININ SÖNÜMLEME KUVVETİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET: Otomotiv endüstrisinde geliştirilen yeni teknolojiler ile araç üreticileri rekabetçi olabilmek ve müşteri memnuniyeti sağlamak adına birçok alanda yenilikler

ve mevcut teknolojilerde iyileştirmeler yapmaktadırlar. Bir aracın rekabetçi olabilmesi için, sürüş konforu, güvenlik ve maliyet gibi özelliklerinin optimum seviyede olması beklenir.

Süspansiyon sistemi elemanları arasında konfor ve emniyet gerekliliklerinin optimum olarak sağlanmasındaki en etkili parçalardan bir tanesi amortisördür. Amortisör performans ve güvenlik seviyesini belirlemede ise yağ miktarı büyük önem taşımaktadır.

Günümüz teknolojisinde kullanılan araç amortisörleri; aktif, yarı-aktif ve pasif olmak üzerine 3 farklı tipte tasarlanmaktadır. Bu amortisör tiplerinde de tek borulu ve çift borulu olmak üzere iki farklı tasarım mevcuttur.

Bu çalışma kapsamında pasif ve çift borulu bir kabin amortisöründe yağ miktarının sönümleme kuvveti üzerindeki etkileri incelenmiştir. Optimum yağ seviyesinden uzaklaştıkça kuvvet sönümleme kayıplarının yaşandığı görülmüştür. Ve sonuç olarak amortisörde yağ miktarının doğru belirlenebilmesi için test yöntemi geliştirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Süspansiyon sistemi, amortisör, yağ miktarı, sönümleme kuvvet kaybı.

GİRİŞ

Süspansiyon sistemi, araç şasisi ve tekerlekler arasında yer alan yay, amortisör, burç, çubuk, bağlantı ve kollardan oluşan bir sistemdir. (Putgöl Y. 2016)

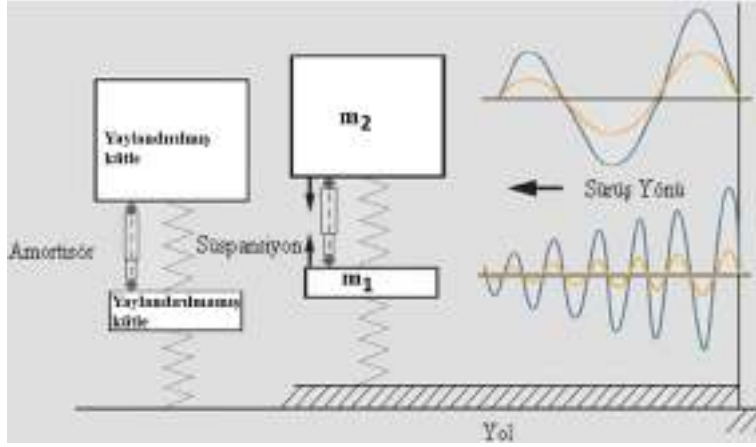
Gerek araç dinamiğinden kaynaklanan, gerekse yoldaki düzgünsüzlüklerden meydana gelen hareketleri sönümleyen süspansiyon sisteminin görevleri şu şekilde özetlenebilir (Emekli, M.E. 2008):

Araç gövdesinin yolun bozucu etkisinden izole edilmesi ve bu sayede aracın konfor özelliklerinin artırılması: Bu özellik genelde aracın gövdesinin hareketi ile ilişkilendirilir. Aynı zamanda aracın yalpalama hareketlerinin kontrol altına alınması da süspansiyonun konfora yönelik görevlerinden birisidir. (Rajamani R. 2012 - Isermann, R. 2005)

Aracın gerek düz gerek düzgün olmayan yol şartlarında ayrıca hızlanma ve fren sırasında yol tutuş özelliklerinin sağlanması: Bu özellik ise dikey kuvvetlerin etkisi sonucunda meydana gelen tekerleğin şekil değiştirmesi ile ilgilidir. Şekil değişiminin azaltılması araçta daha iyi yol tutuşu, çekiş, fren ve dönme özellikleri sağlayacaktır. (Rajamani R. 2012 - Isermann, R. 2005)

Süspansiyon sistemi içerisinde en kritik parçalardan birisi amortisördür. Araç yol yüzeyindeki darbelerle maruz kaldığında süspansiyon yayları uzayarak ya da kısalarak bu darbeleri karşılar. Darbeleri karşılamaları esnasında bir süre salınım hareketi yapar. Bir yayın kısa bir salınımdan sonra durması beklenir. Sarsıntı ve darbeyi şasiye iletmeyen yayın yavaşça gevşemesi ve sıkışmasını sağlayan, kontrolsüz

salınımı kısa sürede durduracak donanımına ihtiyaç vardır. Bu görevi amortisörler gerçekleştirir. Şekil 1’de amortisör sönümleme etkisi modeli görülmektedir.



Şekil 1. Amortisör Sönümleme Etkisi (Çotur A. E. 2010)

Amortisörler aşağıdaki şekilde karakterize edilebilir;

Genel boyutsal veriler,

Amortisör stroku, bağlantı noktaları arasındaki minimum ve maksimum boy, bağlantı metodu vb.

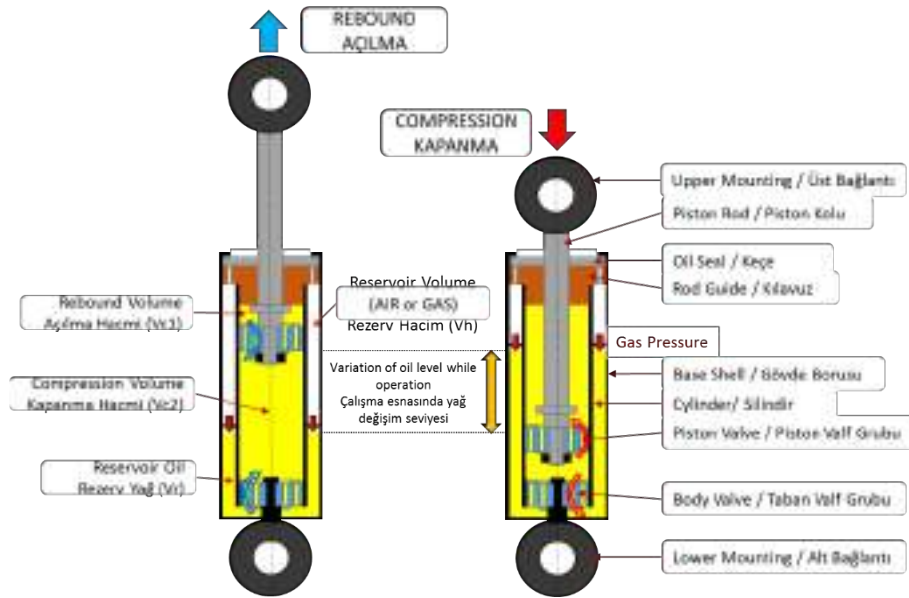
Kuvvet karakteristiği,

Sönümleme kuvvetlerinin belirlenmiş olan özel spesifik sıkışma ve açılma hızlarına göre nasıl değiştiği, bu kuvvetler için üretim tolerans aralığı vb.

Diğer faktörler.

Çalışma sıcaklığı, soğutma gereksinimi ve diğer özel müşteri gereklilikleridir. (C. Dixon J. 2007)

Amortisörler çalışma prensiplerine bağlı olarak tek borulu ve çift borulu olmak üzere ikiye ayrılırlar. Çift borulu amortisörler (Şekil 2) bir gövde borusu ve bunun içine yerleştirilmiş ekstra bir silindir ile taban ve piston valf gruplarına sahiptir. Çift borulu amortisörlerde kuvvet, piston valf grubu ve taban valf grubu tarafından yaratılan bir zorlanmış akış ile oluşturulur.

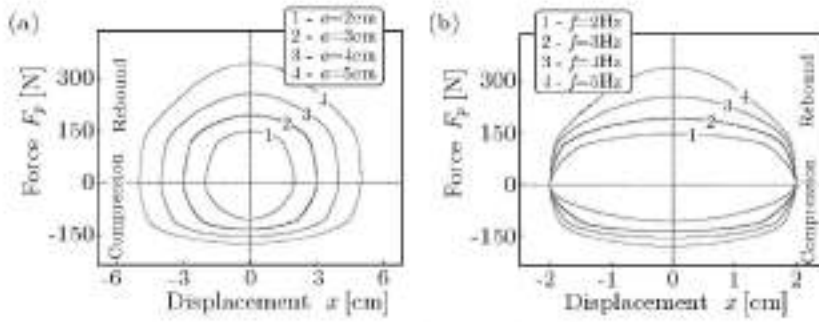


Şekil 2. Çift Borulu Amortisör Modeli

Hidrolik amortisörün çalışmasının arkasındaki prensip oldukça basittir. Piston kolu kapanma (compression) yönünde bastırıldığında (taban valf grubuna doğru hareket ettiğinde), kapanma odasındaki basınç artar ve direnç kuvveti ortaya çıkar bu da yağın uygun kanallardan (Şekil2’de kırmızı ile gösterilen oklar yönünde) açılma odasına akmasına neden olur. Kapanma çevrimi esnasında hareket eden piston kolu hacmi kadar yağ taban valf grubundan rezervuar odasına geçer ve rezervuar odasındaki basıncı artırır. Açılma (rebound) çevriminde ise, hem piston kolu hem de piston valf grubu yukarı doğru hareket ederek açılma odasındaki basıncın artmasına neden olur. Yağ, uygun kanallardan (Şekil2’de mavi ile gösterilen oklar yönünde) geçerek piston valf grubunun üstündeki alandan, onun altındaki bölmeye doğru akar. Aynı zamanda, açılma çevrimi esnasında hareket eden piston kolu hacmi kadar yağ, kapanma hacmi odasındaki basıncı dengelemek için taban valf grubundan geçer. (Ferdek U. & Luczko J. 2012)

YÖNTEM

Amortisör kuvvet karakteristikleri normal yol şartlarında ortaya çıkan hız değerlerine göre geliştirilir. Normal yol şartlarında etkili olan hız değerleri: 0.052m/s, 0.13m/s, 0.26m/s, 0.39m/s, 0.52m/s dir. Bu hız değerleri ayrıca amortisöre ait seri üretim ve teknik resim kontrol hız değerleridir. Bu hız değerlerinde örnek görseli Şekil 3.’te görülen loop (kuvvet-yer değiştirme) grafiğinde sönümleme kuvvet kaybı görülmemesi beklenmektedir.



Şekil 3. Kuvvet-Yer Değiştirme Diagramı (a) strok etkisi ($f=2\text{Hz}$), (b) frekans etkisi ($a=2\text{cm}$) (Ferdek U. & Luczko J. 2012)

Araçlarda emniyet gereksinimi her geçen gün artmakta ve araçlardan daha kısa fren mesafesi, daha fazla yol tutuş ve direksiyon hakimiyeti beklenmektedir. Belirtilen bu taleplerde amortisör sönümleme kuvveti direkt olarak etkilidir. Her durumda amortisör görevini yerine getirerek yoldan gelen tepkilere cevap verebilmeli ve sönümleme gerçekleştirebilmelidir.

Araç üreticileri, araç prototip olarak ortaya çıktığı andan seri üretim aşamasına kadar ki süreçte özel pistlerde amortisör kuvvet karakteristiğini belirlemek adına sürüşler yapmaktadır.

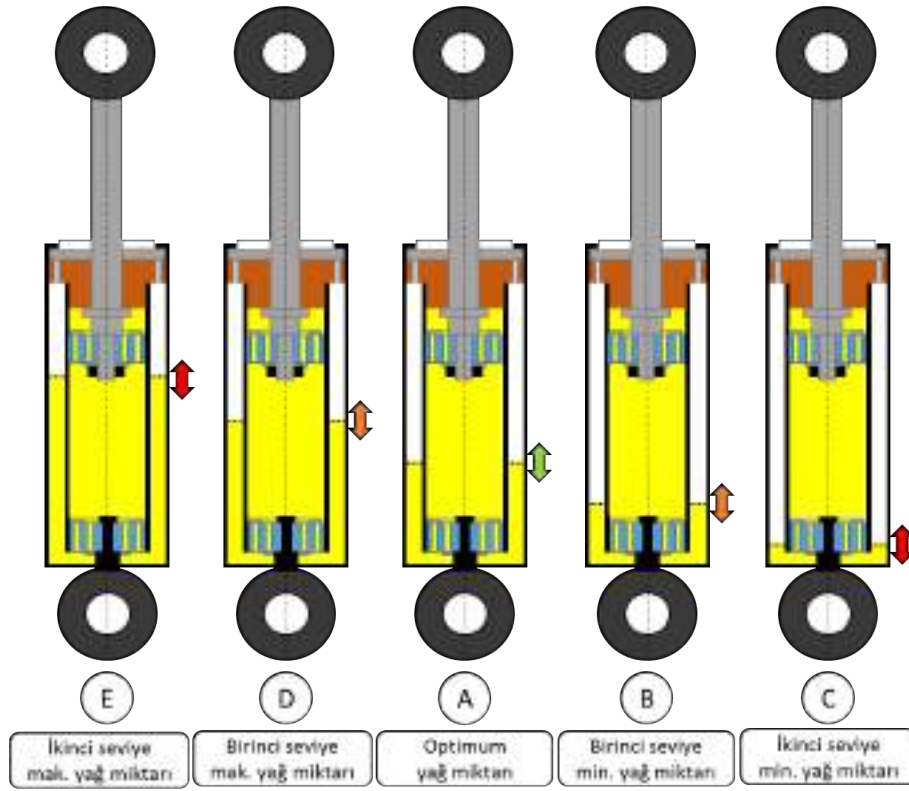
Amortisörlerden standart dışı sürüş koşulları ve yol şartlarında (çukura ya da tümseğe hızlı girişler ya da ani frenleme vb.) ortaya çıkan yüksek hızlarda, şasi amortisörlerinde 3m/s, kabin amortisörlerinde 1m/s hız değerlerinde dahi sönümleme kuvvet kaybı meydana gelmeden çalışabilmesi beklenmeye başlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında yağ miktarının yüksek hızlardaki sönümleme kuvvet kaybı oluşumunda en etkili parametrelerden bir olduğu görülmüştür.

BULGULAR

Her amortisör, kullanıldığı araç özellikleri ve gerekliliklerine uygun valf kombinasyonuna ve sonucunda farklı kuvvet karakteristiğine sahiptir. Amortisörde uygun yağ miktarının kullanılması, sönümleme kuvvetinin farklı yol şartlarında kayıpsız şekilde oluşmasını sağlar. Bunu sağlamanın yolu tasarım aşamasında yağ miktarının test yöntemleriyle doğrulanması olmalıdır.

Amortisörde Ortaya Çıkabilecek Yağ Miktarı Seviyeleri



Şekil 4. Amortisörde Oluşabilecek Yağ Miktarı Seviyeleri

Optimum yağ miktarı;

Normal yol şartlarına ait sönümlleme hızlarında (Teknik resim hız değerleri) ve yüksek hızlarda sönümlleme kuvvet kaybı yaşanmamaktadır. Rezerv yağ miktarının (V_r) optimum olarak belirlendiği durumdur.

Birinci seviye minimum yağ miktarı

Normal yol koşullarına ait sönümlleme hızlarında sönümlleme kuvvet kaybı yaşanmamaktadır. Yüksek hızlarda sönümlleme kuvvet kaybı meydana gelmektedir. Amortisör ömrü için risk oluşturmaktadır.

İkinci seviye minimum yağ miktarı

Normal yol koşullarına ait sönümlleme hızlarında ve yüksek hızlarda sönümlleme kuvvet kaybı yaşanmaktadır. Amortisör bu şekilde çalışamaz.

Birinci seviye maksimum yağ miktarı

Normal yol koşullarına ait sönümlleme hızlarında ve yüksek hızlarda sönümlleme kuvvet kaybı yaşanmamaktadır. Fakat amortisör çalışması esnasındaki sıcaklık artışı nedeniyle meydana gelecek olan rezerv hacim (V_h) basıncı fazla olacağından, yağ sızdırmazlığı sağlayan keçe ömrü için risklidir. Amortisör ömrü düşünüldüğünde risklidir.

İkinci seviye maksimum yağ miktarı

Fazla yağ miktarından dolayı amortisör tasarımı belirlenen tam kapalı boya gelemez, katı boya gelir ve iç basınç çok yüksek değerlere ulaşır. Amortisör bu şekilde çalışamaz.

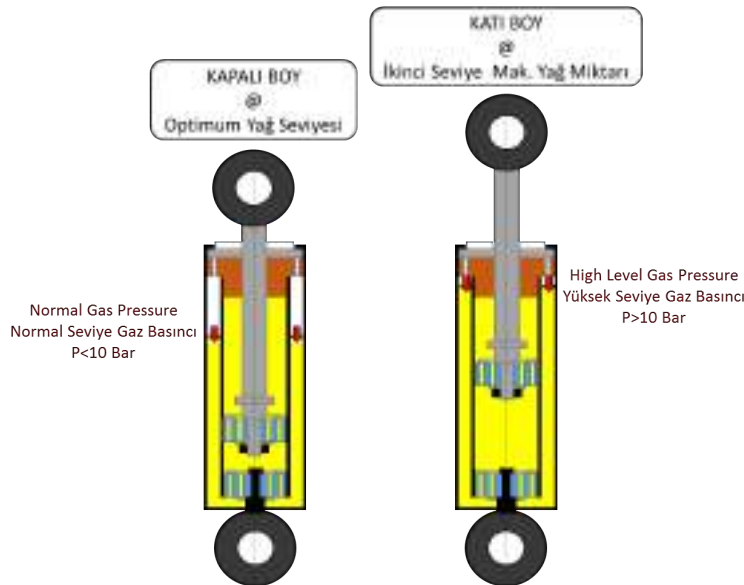
Yağ Miktarı Teorik Hesaplama Metodu

Amortisör tam açık boyda iken;

Teorik yağ miktarı= $V_{c1}+V_{c2}+V_r$ (Bakınız Şekil 2.)

Katı Boy: Amortisörün çalışması esnasında sıcaklık artışı meydana gelir. Bu sıcaklık artışı nedeniyle rezerv yağ hacmi seviyesi yükselir. Rezerv hacim (V_h) her koşulda amortisör kapanma strokunda hareket eden piston kolu hacminden büyük olmalıdır. Eğer bu koşul sağlanmaz ise amortisör istenilen kapalı boya ulaşmayacak ve katı boya gelecektir.

Amortisör araçta çalışması esnasında zorlanmış taşınım ile sürekli olarak soğumaktadır. Bu nedenle 120°C ' nin üzerinde bir çalışma sıcaklığına ulaşmamaktadır.



Şekil 5. Amortisör Kapalı Boy ve Katı Boy Problemi

Amortisörde Optimum Yağ Seviyesi Altındaki Yağ Miktarının Tespiti

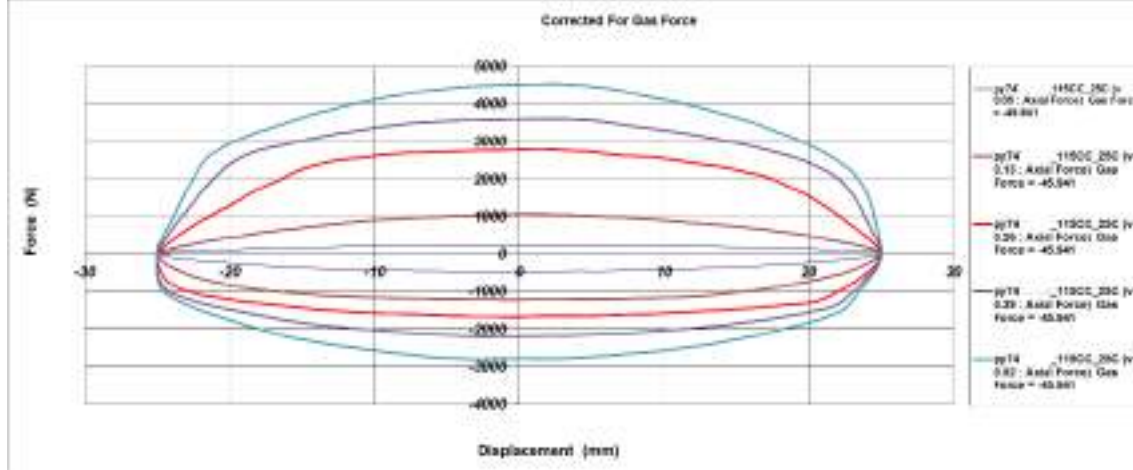
Kabin amortisörleri normal yol şartlarına ait resim hız değerleri (0.052m/s, 0.13m/s, 0.26m/s, 0.39m/s, 0.52m/s) ve yüksek hız değeri olan 1m/s hızda ölçülmüştür. Bu ölçümde tüm hızlar için sönümleme kuvvet kaybı görülmeyen yağ miktarı optimum sınır değer yağ miktarını belirleyecektir.

Yağ miktarı optimum değerler altında olduğunda iki durum söz konusudur.

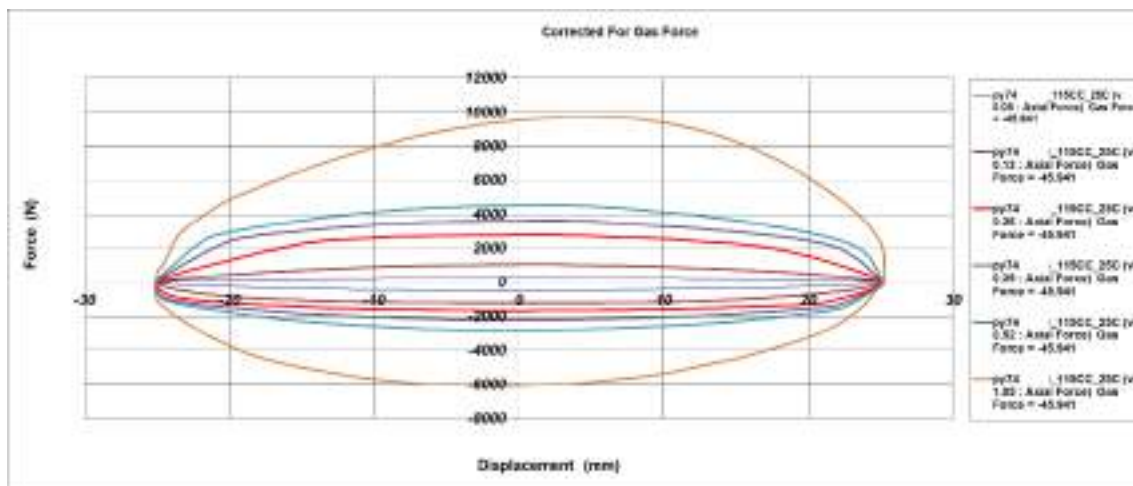
Birinci seviye minimum yağ miktarında, sadece yüksek hız değerinde sönümleme kuvvet kaybı meydana gelir.

İkinci seviye minimum yağ miktarında, test edilen üründe hem resim hız değerleri hem de yüksek hız değeri için sönümleme kuvvet kaybı meydana gelmektedir.

Çalışma 1: Optimum Yağ Miktarına Sahip Amortisörde Sönümlleme Kuvveti Ölçümü



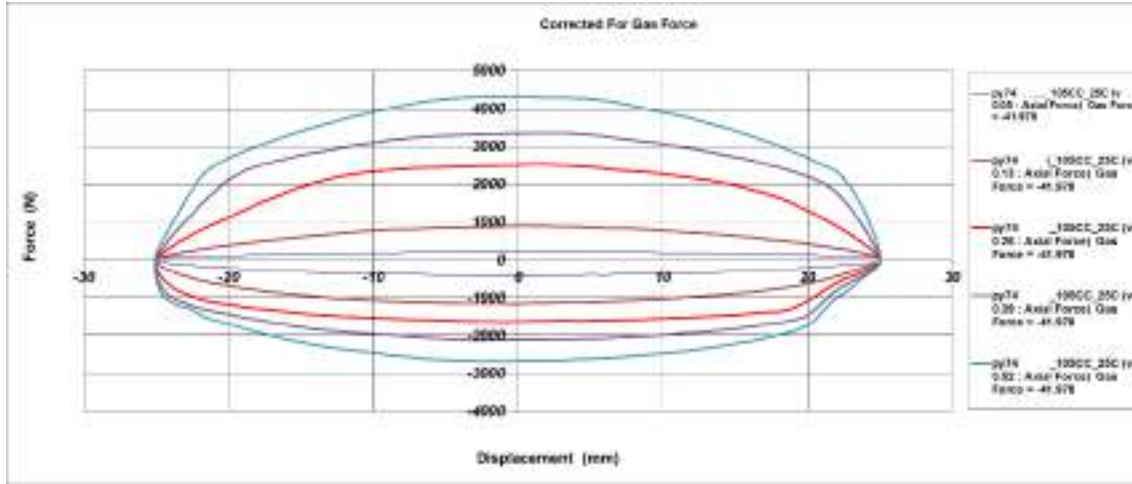
Şekil 6. 115cc Resim Hız Değerleri Loop Diyagramı



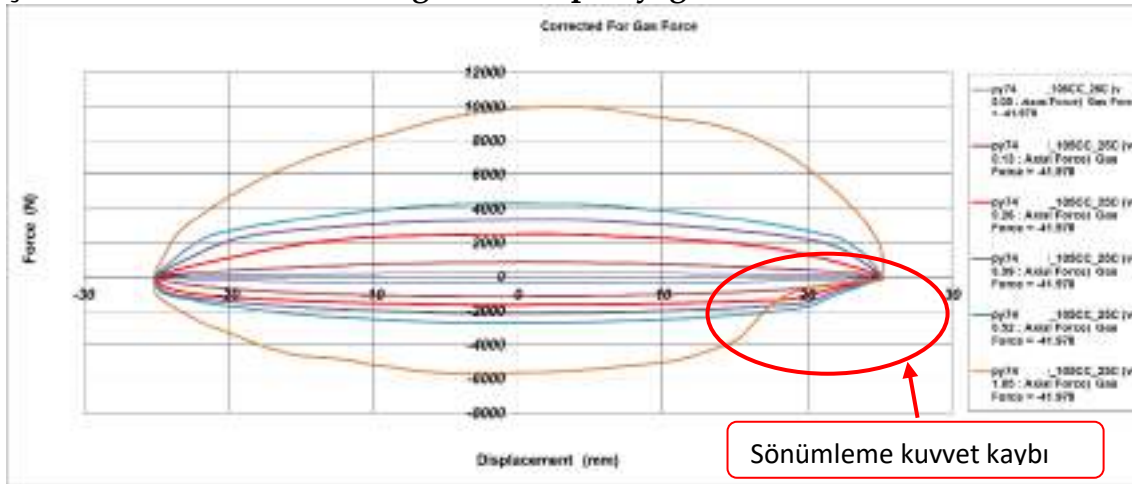
Şekil 7. 115cc Resim Hız Değerleri + Yüksek Hız Ölçümü Loop Diyagramı

Teknik resim hız değerlerinde ve yüksek hız değerinde sönümleme kuvvet kaybı meydana gelmemiştir. Amortisör normal yol şartları ve ekstrem yol şartları için hiçbir durumda sönümleme kuvvet kaybı oluşmadan çalışabilmektedir. İstenilen ideal durumdur.

Çalışma 2: Birinci Seviye Minimum Yağ Miktarına Sahip Amortisörde Sönümlleme Kuvveti Ölçümü



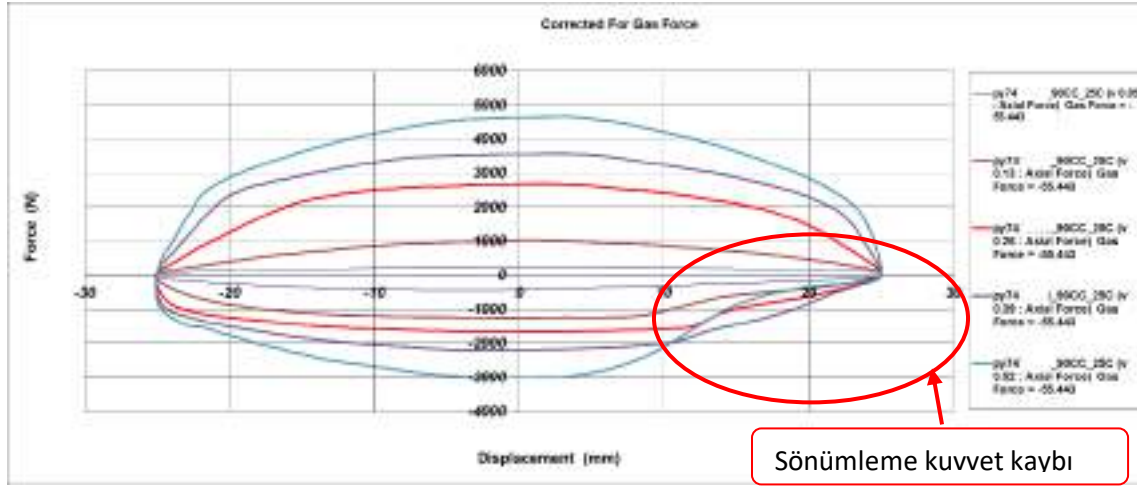
Şekil 8. 105cc Resim Hız Değerleri Loop Diyagramı



Şekil 9. 105cc Resim Hız Değerleri + Yüksek Hız Ölçümü Loop Diyagramı

Teknik resim hız değerlerinde uygun loop karakteristiği gözlemlenirken, 1.052m/s yüksek hız değerinde sönümlleme kuvvet kaybı yaşanmaktadır. Amortisör kapanma çevrimine başladığında yaklaşık olarak 10mm kadarlık bir strok için yeterli sönümlleme yapamayacaktır. Ürün ömrü düşünüldüğünde istenmeyen bir durumdur.

Çalışma 3: İkinci Seviye Minimum Yağ Miktarına Sahip Amortisörde Sönümlleme Kuvveti Ölçümü



Şekil 10. 90cc Resim Hız Değerleri Loop Diyagramı



Şekil 11. 90cc Resim Hız Değerleri + Yüksek Hız Ölçümü Loop Diyagramı

Kabin için ekstrem yol şartlarına ait 1m/s hızında ve ayrıca teknik resim hız değerlerine ait 0.39m/s ve 0.52m/s hızlarında dahi sönümlleme kuvvet kaybı yaşanmaktadır. Sürüş esnasında hissedilir derecede konfor ve yol tutuş kaybı yaşanır. Amortisör bu şekilde çalışamaz.

Amortisörde Optimum Yağ Seviyesi Üstündeki Yağ Miktarının Tespiti

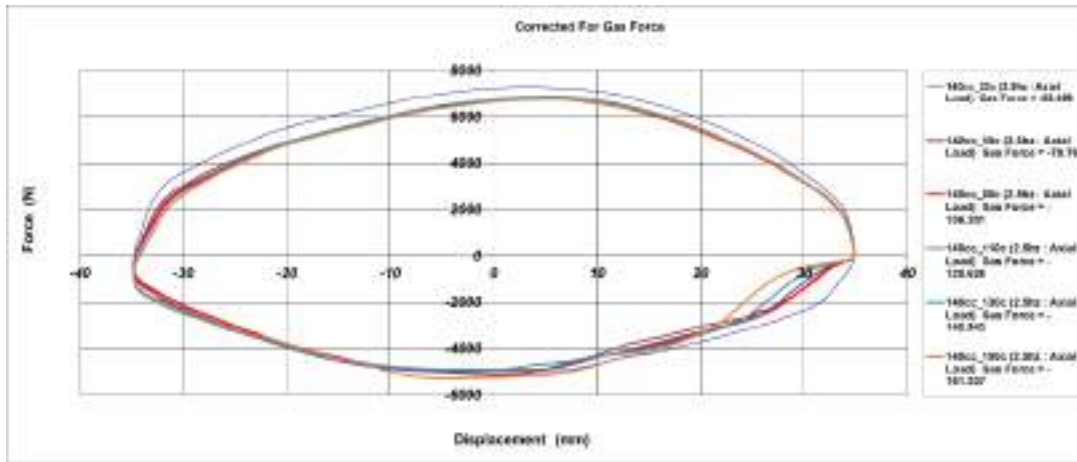
Amortisörler 2.5Hz frekansta, maksimum strokta ve 140°C - 150°C'ye kadar çalıştırıldığında; iç basıncın sınır değerlerini aşmaması, sıkıştırma (compression) çevriminin de katı boya ulaşmadan tamamlanması beklenmektedir.

Yağ miktarı optimum seviyenin üzerinde olduğunda iki durum söz konusudur.

Birinci seviye maksimum yağ miktarında, ürün katı boy problemini yaşamayabilir fakat bu sıcaklıkta ortaya çıkan rezerv hacim basıncı 10 bardan fazla olmaktadır.

İkinci seviye maksimum yağ miktarı için test edilen üründe, sıcaklık artışı nedeniyle meydana gelen yağ hacmi artışından dolayı iç basınç 10 bardan fazla olmakta ve bu nedenle üründe istenmeyen yüksek kuvvetlerle meydana gelmektedir. Bazı durumlarda ise üründe katı boy problemi yaşanabilir.

Çalışma 4: Birinci Seviye Maksimum Yağ Miktarına Sahip Amortisörde Sönümlleme Kuvveti Ölçümü



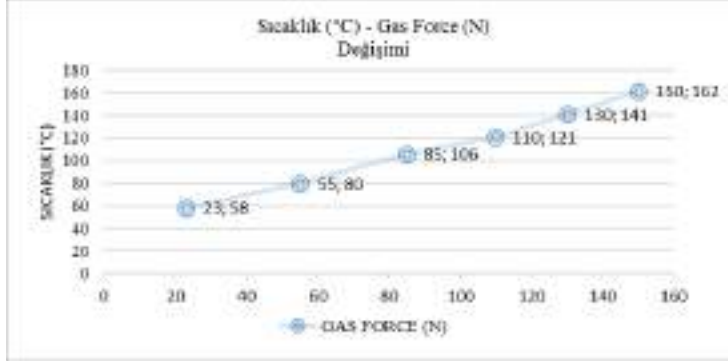
Şekil 12. 150°C Sıcaklık Ölçümü Loop Diyagramı

Sıcaklık değeri 150°C'ye ulaştığı halde sıkıştırma (compression) çevrimi uygun bir şekilde tamamlanmıştır.

Tablo 1. Sıcaklık - Gas Force - İç Basınç Değişim Tablosu

Sıcaklık (°C)	Gas Force (N)	23°C'deki duruma göre Gas Force	İç Basınç (Bar)
23	-58.496	= k	~4
55	-79.764	= 1.364 k	5.456
85	-106.201	= 1.816 k	7.264
~110	-120.626	= 2.062 k	8.248
130	-140.943	= 2.409 k	9.636
150	-161.537	= 2.762 k	11.048

Tablo 1'deki Gas Force değerlerine bakıldığında sıcaklık artışıyla iç basıncın arttığı gözlemlenmektedir. Oda sıcaklık değerine göre 140°C'de iç basınç değerinin 2.76 kat arttığı ve son durumda iç basınç değerinin sınır değer olan 10 barın üzerinde olduğu görülmektedir.



Şekil 13. Sıcaklık - Gas Force Değişim Diyagramı

Çalışma 5: İkinci Seviye Maksimum Yağ Miktarına Sahip Amortisörde Sönümleme Kuvveti Ölçümü

İkinci seviye maksimum yağ miktarına sahip farklı bir kabin amortisörü için yapılan çalışmaya ait sonuç aşağıda paylaşılmıştır.



Şekil 14. 140°C Sıcaklık Ölçümü Loop Diyagramı

Sıcaklık değeri 23°C ve 120°C için ürün uygun şekilde çalışmaktadır. Fakat sıcaklık değeri 140°C'e ulaştığında yağ seviyesi artışı nedeniyle Rezerv hacmi iç basıncı (Vh) çok fazla arttığı için ürün compression çevrimini olması gerektiği şekilde tamamlayamayarak standart dışı çok yüksek kuvvetler ortaya çıkmıştır. Amortisörün bu yağ miktarı ile kullanılması uygun değildir.

SONUÇ

Yapılan çalışma sonucunda farklı yağ miktarlarının amortisör sönümleme kuvveti üzerine olan etkileri incelenmiştir. Tasarım aşamasında uygun olarak belirlenemeyen yağ miktarının ileriki ürün doğrulama süreçleri olan dizayn validasyon testlerinde ya da yapılan kötü yol araç testlerinde tespit edilmesi ürün geliştirme süreci için zaman

ve maliyet kaybedilmesine, test süreçlerinin tekrar yapılmasına neden olabilir. Aşağıdaki adımlar ile tasarım aşamasında doğru yağ miktarı belirlenebilecektir.

Optimum Seviyenin Altında Yağ Miktarı Kullanımını Tespit Etmek

Tasarım aşamasında araç üreticisi ile birlikte amortisör kuvvet karakteristiğine bağlı hangi yüksek hız değerlerinde kuvvet sönümlleme kaybı yaşanmayacağı ve kabul edilebilir toleranslar belirlenmelidir. Şasi amortisörlerinde 3m/s, kabin amortisörlerinde 1m/s gibi.

Kuvvet karakteristiği belirlemek için yapılan araç sürüşlerinde, resim değerleri ve ayrıca belirlenmiş olan yüksek hız değerleri ölçülerek kontrol edilmelidir.

Optimum seviyenin altında yağ kullanımı var ise resim hız değerlerinde ya da yüksek hız değerlerinde yapılan amortisör ölçümünde sönümlleme kuvvet kaybı yaşanacaktır.

Optimum Seviyenin Üzerinde Yağ Miktarı Kullanımını Tespit Etmek

Teorik yağ miktarı belirlendikten sonraki çalışma koşullarında, amortisör Şekil 5'te belirtilen katı boya ulaşmamalı ve yağ sızdırmazlığı sağlayan keçe dayanım ve keçe ömrü göz önüne alınarak rezerv hacim basıncının 10 bardan küçük olması gerekmektedir. Bunun tespiti için aşağıda detayları verilmiş olan maksimum strok testi uygulanmalıdır.

Maksimum strok test koşullarında amortisör;

Sabit frekans,

Maksimum strok,

Belirlenen ekstrem çalışma sıcaklığına kadar çalıştırıldığında (120°C' nin üzerinde bir sıcaklık değeri) katı boya ulaşmamalı ve iç basınç 10 barın üzerine çıkmamalıdır.

ÖNERİLER

Amortisör süspansiyon sistemi elemanları arasında konfor ve emniyet gerekliliklerinin optimum olarak sağlanmasındaki en etkili parçalardan bir tanesidir. Bu da amortisörün daha fizibilite aşamasında iken doğru olarak tasarımının yapılmasının çok kritik olduğunu göstermektedir. Yağ miktarının doğru olarak belirlenmesi de en önemli tasarım kriterlerinden bir tanesidir.

Yapılacak olan ilk prototip amortisörlerde yukarıda belirtilen yağ seviyesi kontrol metodu kullanılarak yağ miktarının ilk aşamada doğru olarak hesaplanmasını sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmanın yapılmasına imkan sunan Maysan Mando Otomotiv Parçaları San. Tic. A.Ş'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Rajamani R. (2012). Vehicle Dynamics and Control, Mechanical Engineering Series, 2nd edition. Springer, New York

- C. Dixon J. (2007). Chapter 7: Damper Characteristics. The Shock Absorber Handbook, 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd, 259-288
- Putgöl Y. (2016). Taşıt Süspansiyon Sistemi Çeşitleri ve Ön Düzen Geometrisine Etkileri. Journal of Polytechnic; 19 (2), 195-202
- Emekli, M.E. (2008). Hafif Ticari Bir Araç İçin Yarı Aktif Süspansiyon Sistemi Tasarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye, 1-133
- Isermann, R. (2005). Mechatronic Systems Fundamentals. Springer, New York
- Çotur A. E. (2010). Araçlarda Kullanılan Amortisörlerin Bilgisayar Destekli Valf Tasarımı, Uygulaması ve Performans Testleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ferdek U. & Luczko J. (2012). Modeling and Analysis of a Twin-tube Hydraulic Shock absorber. Journal of Theoretical and Applied Mechanics 50, (2), 627-638

RISK ANALYSIS WITH A PERSONNEL SURVEY OF A DRILLING FIELD AND EVALUATION IN TERMS OF WORK SAFETY

Yunus EKİNCİ

İskenderun Technical University, Institute of Engineering and Science

İskenderun-Hatay, Turkey

ynsekinici@hotmail.com

Onur Eser KÖK

İskenderun Technical University, Department of Petroleum and Natural Gas Engineering

İskenderun-Hatay, Turkey.

oeser.kok@iste.edu.tr

Yasin ERDOĞAN

İskenderun Technical University, Department of Petroleum and Natural Gas Engineering

İskenderun-Hatay, Turkey.

yasin.erdogan@iste.edu.tr

ABSTRACT: Risk analysis could be defined as the precautions to identify or to assess the risks in the companies and to minimize or to get rid of these risks. The situations which are present in the application environment or are likely to come from outside and the conditions that would harm the employees, company and surrounding environment is called as Danger. The risk is the relationship between the likelihood that any danger will arise and the seriousness of the effect that this danger will cause. Possible work accidents in companies and pre-determination of occupational diseases are very important to be taken into account for both of employees and companies in term of financial and spiritual loss. The drilling sector involves many hazards due to the working conditions. Drilling sector work is one of the hardest sectors that contain risks which may arise from these hazards. It is very important to carry out and take care of risk analyzes in the drilling local which involves various hazards. Because these precautions can prevent the loss of life and property. (1) Determining the possible risks that may cause and result in accidents in the work environment and (2) to completely eliminate risks are possible with risk analysis. Risk and danger could at least be minimized with risk analysis even though risks and dangers can not be completely removed.

In this study, a risk analysis of a drilling area belonging to TPAO Batman Regional Directorate was performed. A questionnaire applied to the field staff was used for this analysis. Risks and effects were determined according to the survey results. In the risk analysis, 90 hazards were observed and risk levels were determined by their probabilities and severity. 36 low-grade risks were identified when risk scores were evaluated. 45 risk were found in the Intermediate Degree risk group and 9 risks in the High Degree risk group. Following the risk assessment, necessary precautions were taken and the risk scores were reduced.

Key words: Risk Analysis, Drilling, Work Safety, Batman

BİR SONDAJ SAHASININ PERSONEL ANKETİ İLE RİSK ANALİZİNİN YAPILMASI VE İŞ GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET: İşletmelerde ortaya çıkabilecek risklerin her yönüyle tanımlanıp değerlendirilmesi ve bu riskleri en aza indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak amacı ile alınan önlemlere "risk analizi" denir. Çalışma ortamında mevcut olan ya da dışarıdan gelebilecek çalışanlara, işletmeye ve çevreye zarar veren durumlara tehlike denir. Risk ise herhangi bir tehlikenin meydana gelme ihtimali ve bu tehlikenin meydana çıktığı anda sebep olacağı etkinin ciddiyeti arasındaki ilişkidir. İşletmelerde muhtemel iş kazaları veya meslek hastalıklarının oluşma olasılığının önceden belirlenmesi hem çalışanların maddi veya manevi hem de işyerinin maddi kayıplarla karşılaşmaması yönünden oldukça önemlidir. Sondaj sektörü çalışma koşulları nedeni ile birçok tehlikeyi ihtiva eder. Sondaj çalışmaları bu tehlikelerden kaynaklanabilecek riskleri ihtiva eden en zor sektörlerden biridir. Birden çok tehlikeyi ihtiva eden sondaj mahallinde risk analizlerinin yapılması oldukça ehemmiyetlidir. Çünkü bu sayede can ve mal kaybının önüne geçilebilir. Çalışma ortamında kazaya neden olabilecek risklerin belirlenmesi ve o risklerin tamamen ortadan kaldırılması risk analizi ile mümkündür. Risk analizi ile tehlike ve riskler tamamen ortadan kaldırılamıyorsa hiç değilse asgari düzeye indirilebilir.

Bu çalışma ile TPAO Batman Bölge Müdürlüğüne ait bir sondaj sahasının risk analizi yapılmıştır. Bu analizin yapılmasında saha personellerine uygulanan bir anket kullanılmıştır. Anket sonuçlarına göre riskler ve etkileri belirlenmiştir. Yapılan risk analizinde 90 adet tehlike gözlemlenmiş ve olasılıkları ile şiddetleri belirlenerek risk derecesi elde edilmiştir. Risk dereceleri değerlendirildiğinde Düşük Dereceli 36 adet risk belirlenmiştir. Orta Dereceli risk grubunda 45, Yüksek Dereceli risk grubunda ise 9 veri saptanmıştır. Risk değerlendirilmesi sonrası gerekli önlemler alınarak risk skorlarının aşağı çekilmesi sağlanmıştır.

Anahtar sözcükler: Risk Analizi, Sondaj, İş Güvenliği, Batman

GİRİŞ

İş sağlığı ve güvenliği konusu çağdaş toplumların çalışma hayatının en temel konularından biridir. İş sağlığı ve güvenliği günümüzde bir bilim dalı olarak kabul görmektedir. Üretim süreçlerini, üretim yöntemlerini, verimliliği, ergonomiyi, çalışanların sağlığını yakından ilgilendiren iş sağlığı ve güvenliği konusu günümüzde çevre konusuyla birlikte düşünülmekte, birlikte ele alınmaktadır (Akay, 2006).

Dünyada en fazla iş kazası olan ülkeler arasında Türkiye üçüncü sırada yer alırken AB ülkeleri arasında ölümlü iş kazaları açısından ilk sırada yer almaktadır (ESAW, 2013). ILO verilerine göre; dünyada her yıl 270 milyondan fazla iş kazası meydana gelmekte, 160 milyon çalışan yaptığı iş nedeniyle hastalanmakta 2,2 milyon çalışan da meslek hastalıkları ya da iş kazaları sonucunda ölmektedir (ILO, 2009). ILO'nun 2002 yılında hazırladığı "Güvenlik Kültürü Raporuna göre, meslek hastalıklarının tümü, iş kazalarının %98'i önlenabilir kazalardır. Bu bağlamda, güvenli çalışmanın sağlanması,

çalışanların sürdürülebilir bir refah seviyesine ulaşabilmeleri açısından İSG büyük önem taşır.

İş Sağlığı ve Güvenliğini yakından ilgilendiren temel alanlardan biri de sondaj sektörüdür. Sondaj sektörü çalışma şartları gereği dünyada en riskli meslekler arasında yer alır. Bu nedenle madencilik, petrol ve doğalgaz gibi iş kolları iş sağlığı ve güvenliği kavramının ortaya çıkmasına sebep olan ana sektörler arasındadır. Bu alanlarda özellikle sondaj esnasında birçok iş kazası meydana gelebilmekte ve yüksek oranlarda meslek hastalığı ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle gerekli risk analizleri ile tehlikeler değerlendirilerek olası riskler belirlenmelidir. Analiz sonuçları yorumlanarak tehlikelerin giderilmesi için önlemler alınmalıdır (Erdoğan ve diğ., 2017; Ertuş, 2016).

Bu çalışma ile TPAO Batman Bölge Müdürlüğüne ait bir sondaj sahasının risk analizi yapılmıştır. Bu analizin yapılmasında saha personellerine uygulanan bir anket kullanılmıştır. Anket sonuçlarına göre riskler ve etkileri belirlenmiştir.

YÖNTEM

Yapılan çalışmada TPAO Batman Bölge Müdürlüğüne ait bir sondaj lokasyonu incelenmiştir. Risk analizi çalışan personeller ile yapılan bir anket çalışması ile belirlenmiştir. Bu anket çalışması belirtilen sahada çalışan personeller ile yapılmıştır.

Bu çalışmada, sondaj mahallinin risk analizi 5x5 L tipi matris yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu metot ile öncelikle bir olayın gerçekleşme ihtimali ile gerçekleşmesi halinde sonucunun derecelendirilmesi ve ölçümü yapılır. Risk değeri, olasılığın ve şiddetin bileşkesinden hesaplanır. Belirlenen risklerin her birine 1'den 5'e kadar bir şiddet değeri ve bir olasılık değeri verilir. Şiddet ve olasılık düzeyi en düşük için 1, en yüksek için 5 değeri kullanılır. Tablo 1'de verilen olasılık değerleri şiddet değeri ile çarpılarak her bir olayın risk puanı veya risk skoru bulunur (Özkılıç, 2005).

Risk skoru Tablo 2'de verilen riskin derecelendirilmesine bakılarak, riskin hangi kategoriye girdiği tespit edilir. Tablo 2'de görüldüğü gibi risk skoru; 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 puan alan tehlikeler 'Düşük Derece Risk' grubuna, 8, 9, 10, 12 puan olan tehlikeler 'Orta Derece Risk' grubuna, 15, 16, 20, 25 puan alan tehlikeler ise 'Yüksek Derece Risk' grubuna girmektedir (Özkılıç, 2005).

Tablo 1. L Tipi Matris için Olasılık-Şiddet Değerleri

SONUÇ		OLASILIK
Çok Küçük	1	Hemen hemen hiç

Küçük	2	Çok az (yılda bir kez), sadece anormal durumlarda
Orta	3	Az (yılda bir kez)
Yüksek	4	Sıklıkla (ayda bir)
Çok Yüksek	5	Çok sıklıkla (haftada bir, her gün), normal çalışma şartlarında
SONUÇ		ŞİDDET
Çok Hafif	1	İş saati kaybı yok, ilkyardım gerektiren
Hafif	2	İşgünü kaybı yok, kalıcı etkisi olmayan ayakta tedavi, ilkyardım gerektiren
Orta	3	Hafif yaralanma, yatarak tedavi gerektiren
Ciddi	4	Ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi, meslek hastalığı
Çok Ciddi	5	Ölüm, sürekli iş görememezlik

Tablo 2. Risk Skoru Tablosu (Özkılıç, 2005).

OLASILIK	ŞİDDET				
	Çok Ciddi	Ciddi	Orta	Hafif	Çok Hafif
Çok Yüksek	Yüksek 25	Yüksek 20	Yüksek 15	Orta 10	Düşük 5
Yüksek	Yüksek 20	Yüksek 16	Orta 12	Orta 8	Düşük 4
Orta	Yüksek 15	Orta 12	Orta 9	Düşük 6	Düşük 3
Küçük	Orta 10	Orta 8	Düşük 6	Düşük 4	Düşük 2
Çok Küçük	Düşük 5	Düşük 4	Düşük 3	Düşük 2	Düşük 1

BULGULAR

Çalışma kapsamında sondaj sahasında çalışan 35 personelin görüşleri anket ile elde edilmiştir. Bu anket çalışması ve saha çalışanlarının gözlemleri doğrultusunda risk analizi yapılmıştır (Tablo 3). Yapılan risk analizinde 90 adet tehlike gözlemlenmiş ve olasılıkları ile şiddetleri belirlenerek risk derecesi elde edilmiştir. Risk dereceleri değerlendirildiğinde Düşük Dereceli 36 adet risk belirlenmiştir. Orta Dereceli risk grubunda 45, Yüksek Dereceli risk grubunda ise 9 veri saptanmıştır. Risk değerlendirilmesi sonrası gerekli önlemler alınarak risk skorlarının aşağı çekilmesi sağlanmıştır.

Bu sonuçlar ışığında sahadaki tüm risk oluşturan etmenlere karşı önlemler alınmış ve gerekli eğitimler verilmiştir.

Tablo 3. Risk Analizi

SIRA	TEHLİKE	OLASILIK	ŞİDDET	RİSK DERECE Sİ
1	Çalışırken koruyucu teçhizat kullanmama	4	2	8
2	Sondaj mahallinde iş güvenliği uygulamalarının yetersiz oluşu	3	2	6
3	Yangın söndürme ekipmanının yeterli sayıda olmaması	3	3	9
4	İş güvenliği uygulamalarına yeterince önem verilmemesi	4	2	8
5	İşçilere, sondaj ve iş güvenliği eğitimi verilmemesi	2	2	4
6	Lokasyon ve sondaj yerinin yabancı insan ve diğer canlılara karşı güvene alınma durumunun yetersiz olması	3	2	6
7	Sondaj yollarının, personel ve malzeme taşınmasına uygunsuzluğu	4	4	16
8	Yangın söndürmeye karşı personelin eğitilme durumunun yetersiz olması	3	4	12
9	Mast tırmanma merdiveninin sağlam olmaması	3	4	12
10	Derikmen kemerinin sağlam olmaması	2	4	8
11	Platform korkuluklarının sağlam olmaması	3	4	12
12	Platformda yeterli sayıda ikaz levhasının olmaması	3	3	9
13	Platform aydınlatmasının yeterli olmaması	3	3	9
14	Hareketli ve dönen makine aksamı üzerindeki muhafazaların olmaması	4	4	16
15	Emniyet vanaları ve Choke Manifoldu'nun bağlı olmaması	1	5	5
16	Kuledeki yaşam barakalarının yaşam standartlarına uygun olmaması	4	1	4
17	Kullanılan madeni yağların çevreye zarar vermemesi için uygun bidonlarda stoklanmaması	3	2	6
18	Bot ve baret tahsis edilen personelin, bot ve baret kullanmama durumu	3	3	9
19	Uygun iş elbisesi ve eldiven kullanmama	3	3	9
20	Lokasyon girişindeki ikaz levhalarının yetersiz olması	3	2	6
21	Mevcut acil durum planına göre personelin eğitilmemesi	2	2	4

22	Mudpit ve check-shot çukurlarının ikaz bandı ile çevrili olmaması	1	3	3
23	İlkyardım sandığının bulunmaması	1	3	3
24	Personelin ilkyardım kursu görmemesi	1	3	3
25	Uygunsuz lokasyon zemini ve saha koşulları	3	3	9
26	Basınç altındaki ekipman ile çalışanların yüksek basınca maruz kalması	2	4	8
27	Basınç ekipmanlarının sökümü sırasında demontaj ekibinin elle yük kaldırması ve taşınması	3	4	12
28	Yüksek basınçlı bağlantı ekipmanlarının sökülmesi sırasında montaj-demontaj ekibine yüksek basınç boru veya ekipman çarpması	2	5	10
29	Çamur pompa ve tanklarında montaj ve demontaj ekibinin kayması ve düşmesi	2	3	6
30	Çamur hazırlamada kullanılan kimyasal maddelerle temas edilmesi	4	4	16
31	Makaraların taşınmasında el, parmak, kol sıkışmaları	3	4	12
32	Makaraların keskin ve yüzeyindeki çıkıntıların çarpması	3	3	9
33	Elektrik çarpması	4	5	20
34	Mast üzerinde bulunan malzemelerin yüksekte düşmesi	3	4	12
35	Mastın parçalara ayrılması, bağlanmasında parmak sıkışması	2	4	8
36	Kimyasal maddelerin göze ve vücuda sıçraması	3	4	12
37	Kimyasal maddelerin solunması	3	5	15
38	El aletlerinin uygun kullanılmaması	3	2	6
39	Malzeme istiflenmesi sırasında devrilme, yıkılma	3	4	12
40	Forklift çarpması, ezilme, sıkışma, malzeme devrilmesi	1	4	4
41	Sondaj masasında tijlerin istif yerinin düzgün olmaması	2	4	8
42	Manevra yeri korkuluklarının sağlam olmaması	2	3	6
43	Tepe flaşörün (Yükseklik ikaz lambası) çalışmıyor olması	1	2	2
44	Korkuluksuz dikey merdivenlerden tırmanırken düşen personeli durdurmak için emniyet kemerinin olmaması	2	4	8
45	Platform'da iş emniyetine aykırı delik ve açıklığın olması	2	3	6

46	Platform'a bağlanan merdivenler düzgün olmaması ve merdiven korkuluklarının yerinde olmaması	2	4	8
47	Platform'daki hareketli malzemelerin (Tong anahtarları, çamur muhafazası, DP Spinner, Eze Torque, Power Tong vb.) emniyetli bir şekilde sabit bir yere bağlanmamış olması	3	4	12
48	Tong Anahtarı çekme halatı klempslерinin emniyetli bir şekilde bağlanmamış olması	2	4	8
49	Rotary emniyet zinciri takılı olmaması	1	3	3
50	Drawworks mekanik freninin iyi durumda olmaması	2	3	6
51	Drawworks etrafındaki merdiven ve korkulukları tam ve emniyetli olmaması	2	3	6
52	Catworks, drawworks, cathead, transmisyon, çamur pompası power-end yağlama pompası ve basınç saatlerinin faal olmaması	2	3	6
53	Hareketli makara muhafazasının ve makaraların iyi durumda olmaması	3	4	12
54	Tüm kaldırma ekipmanlarının günlük, haftalık ve aylık kontrol bakımlarının yapılmaması ve günlük rapora yazılmaması	3	2	6
55	Çamur tabancalarının emniyet pim ve zincirlerinin takılı olmaması	2	4	8
56	Tankların üzerinde yürümeyi engelleyici açıklığın varlığı	2	3	6
57	Kimyevi madde kullanırken koruyucu teçhizatların (gözlük, eldiven, önlük, maske vb.) kullanılmaması	4	4	16
58	Mud-pit, check-shot ve celler havuzunda merdiven veya kurtarma halatının olmaması	3	4	12
59	Çamur pompası çıkış hortumlarının iki ucunda emniyet zincirinin olmaması	3	3	9
60	Tij çamur muhafazasının olmaması ve çamur çıkışının Flow-Line'e verilmemiş olması	2	3	6
61	Kuyu Programına göre uygun emniyet vanaları ve Choke Manifoldunun kuyu şartlarına uygun bağlanmaması	1	3	3
62	Closing unit yağ seviyesinin uygun olmaması ve basınç ayarlarının doğru olmaması	2	4	8
63	Cells havuzu etrafının tamamen çevrili olmaması ve ikaz levhasının bulunmaması	2	3	6

64	Kule, kamp ve akaryakıt tanklarında statik elektrik, yıldırım ve elektrik kaçaklarına karşı topraklanma olmaması	2	4	8
65	Choke manifoldu ve yüksek basınçlı hatlarda uygun basınç göstergelerinin (Mud Pressure Gauge) olmaması	1	4	4
66	Motor egzoz susturucularının olmaması	2	2	4
67	Elektrik işlerinin sertifikalı personel tarafından yapılmaması	1	2	2
68	Çalışanların sahadaki uyarı ve ikaz levhalarına uymaması	4	3	12
69	Araç kullananların dikkatsiz kullanması	3	4	12
70	Kişisel koruyucu donanım kullanılmaması ya da doğru bir şekilde kullanılmaması	4	4	16
71	Çalışanların, iş güvenliği ve teknik açıdan bilgilendirilmemesi	2	3	6
72	Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olup olmadığının denetlenmemesi	2	2	4
73	İş sağlığı ve güvenliği eğitiminin yeterli verilmemesi	3	4	12
74	Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerine katılmaması	2	2	4
75	Kimyasal maddelerin talimatlara uygun bir şekilde kullanılmaması	4	4	16
76	Motor egzoz gazı soğutma ve kıvılcım önleyicinin olmaması	3	3	9
77	Tüm basınçlı kaplar ve kompresörlerin periyodik testten geçirilmemesi ve raporunun olmaması	3	4	12
78	Hava tüpleri ve kontrol panelinde hava basınç saatlerinin faal olmaması	2	4	8
79	Kesici malzemelerin düzensiz bulunması	4	3	12
80	Motorlu araların geçiş yerlerinin uygun olmaması	4	2	8
81	Güç kontrol ve enerji dağıtım barakasında, jeneratör odasında, "İzinsiz Girilmez" ikaz levhası asılı olmaması	2	2	4
82	Sondaj kampının tel örgü içine alınmamış olması	2	2	4
83	Kimyasal katkı maddelerin rüzgar yönü dikkate alınmadan depolanması	4	3	12
84	Kimyasal katkı maddelerinin etiketli olmaması	3	4	12
85	Kimyasal maddelerle ilgili güvenlik bilgi formlarının (MSDS) lokasyonda mevcut olmaması	3	3	9

86	Emniyet gözlüğü, toz gözlüğü, yüz maskesi, işin şekline uygun ve yeterli sayıda olmaması	3	3	9
87	“Botsuz ve Baretsiz Girilmeyecek” alanların, ikaz bandı ve levhalar ile belirtilmemesi	2	2	4
88	Lokasyonda emniyetli toplanma alanlarının olmaması	2	2	4
89	Elektrik kablo halatlarının uygunsuz yerlerden geçirilmesi	4	4	16
90	Gıdaların uygun koşullarda depolanmaması ve hijyen kurallarına dikkat edilmemesi	3	4	12

SONUÇ

Bu çalışma ile Batman ilinde bulunan bir petrol sondaj sahası İSG yönünden incelenmiştir. Tehlike kaynakları ve etkileri detaylı bir şekilde belirlenmiştir. İnceleme sonucunda 5x5 L tipi matris yöntemi kullanılarak 90 adet tehlike için risk analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Düşük Dereceli 36 adet, Orta Dereceli 45 ve Yüksek Dereceli 9 risk skoru saptanmıştır. Risk değerlendirilmesi sonrası gerekli önlemler alınmıştır.

5x5 L tipi matris metoduna göre yapılan risk analizi sonucuna göre gerekli tedbirlerin alınması ve kontrolünün sağlanabilmesi için eğitim düzenlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgular benzer işletmeler, işveren veya vekilleri, iş güvenliği uzmanları, saha mühendisleri, formenler, ekip başları ve çalışanlar için tehlikelerin azaltılmasında yol göstermesi bakımından büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Akay, E. (2006). Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliği, Avrupa Birliği Ülkeleri İle karşılaştırılması ve Bir Hizmet Modeli Önerisi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Ana Bilim Dalı, Zonguldak.
- Erdoğan, Y., Kök, O.E., Tanrıverdi, İ. (2017). Çanakkale, Tuzla Bölgesi Jeotermal Sondaj Sahasının İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi ve Risk Analizi. Türkiye 25. Uluslararası Madencilik Kongresi, p. 399-407, Antalya.
- Ertuş, S. (2016). Maden Arama Sondajlarının İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi. T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Esaw. (2013). European Statistics on Accident at Work Summary, Methodology. Eurostat Methodologies & Working Papers Luxembourg.
- ILO. (2009). International Global Report. International Labour Organization, May 2009, Switzerland.



Özkılıç, Ö. (2005). İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri. www.isag.com.tr.

TEMPERATURE TESTS IN ELAZIG BEYDAGI II GEOTHERMAL DRILLING WELL AND INVESTIGATION OF TEMPERATURE AND PRESSURE PROFILES BASED ON DEPTH

Muhammed İkbāl YILDIZ

İskenderun Technical University, Institute of Engineering and Science, İskenderun-Hatay, Turkey

myikbal506@gmail.com

Yasin ERDOĞAN

İskenderun Technical University, Department of Petroleum and Natural Gas Engineering, İskenderun-Hatay, Turkey.

yasin.erdogan@iste.edu.tr

ABSTRACT: The information required for the efficient and economical use of geothermal energy sources is obtained by well tests. It is important to determine the temperature determinations according to the depth of the well, the presence of any leakage during the drilling, the determination of the crusting and the actual formation temperature of the well as a result of the temperature tests which are important among the well tests. In the measurements of temperature tests carried out in depth of 800 meters Beydağı II geothermal well, static temperature was measured to 24.86°C at 5 meters and reached minimum value to 24.45°C at 20 meters. On the other hand, it reached its maximum level with 41,88°C at 800 meters. On the other measuring techniques, the minimum dynamic temperature value is 33.87°C at 5 meters and the minimum dynamic pressure value is 1.50 bar at the same depth. The maximum value of the dynamic temperature is 45,28°C at the depth of 790 meters and at the same depth's dynamic pressure value is 72,30 bar. As a result of the tests obtained, profiles that are important for the determination of depth in the well during the production process of the system to be established and the operation of the system to be established in order to prevent mud leaks and wells in the wells were simulated. In addition, these data are reference for geothermal wells in the Elazığ province and in the Southeastern Anatolia region.

Key words: Geothermal Energy, Well Complete Tests, Temperature Tests, Static Temperature, Dynamic Temperature

ELAZIĞ BEYDAĞI II JEOTERMAL SONDAJINDAKİ SICAKLIK TESTLERİ VE DERİNLİĞE BAĞLI SICAKLIK/BASINÇ PROFİLLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET: Jeotermal enerji kaynakların verimli ve ekonomik kullanılabilmesi için gerekli bilgiler kuyu testleri ile elde edilmektedir. Kuyu testleri arasında önemli bir nitelik taşıyan sıcaklık testleri sonucu kuyuya ait derinliğe göre sıcaklık tespitleri, sondaj esnasında oluşacak herhangi bir kaçağın varlığı (veya geliş), kuyuya ait kabuklaşmaların ve gerçek formasyon sıcaklığının tespiti belirlemek için önemli bir fırsat yaratmaktadır. Elazığ'da 800 metre derinliğine sahip Beydağı II Jeotermal

Kuyusunda gerçekleştirilen sıcaklık testleri ölçümlerinde, kuyu üretim yapılmadan veya kuyuya akışkan basılmadan, kuyu kapalı iken yapılan statik sıcaklık 5 metrede 24,86°C değerinde ölçüldükten sonra 20. metrede 24,45°C ile minimum değere ulaşırken son seviye olan 800. metrede 41,88°C ile maksimum değerine ulaşmıştır. Kuyudan üretim yapılırken veya kuyuya akışkan basılırken gerçekleştirilen dinamik sıcaklık değeri 5 metrede minimum değerleri olan 33,87°C dinamik sıcaklığına ve 1,50 bar dinamik basınç değerleri ölçülürken, kuyuya ait son seviye 790 metrede dinamik sıcaklığın maksimum değeri 45,28°C ve dinamik basıncın maksimum değeri 72,30 bar olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler ışığında sıcaklık testlerine göre değerlendirilen üretim öncesi ve sonrası kuyularda oluşabilecek kabuklaşmayı ve çamur kaçaklarını engellemek maksadıyla kurulacak sistemin ön mühendislik çalışması yapılması ve kuyularda kurulacak inhibitör sistemlerinin üretim süreci boyunca kuyudaki derinlik tayini için önem arz eden profiller simule edilirken yine Elazığ il çevresi ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde ileride yapılacak olarak jeotermal kuyular için de referans niteliği taşımaktadır.

Anahtar sözcükler: Jeotermal Enerji, Kuyu Tamamlama Testleri, Sıcaklık Testleri, Statik Sıcaklık, Dinamik Sıcaklık

GİRİŞ

Jeotermal kuyular kazılırken, sondaj operasyonu sırasında ve sondaj bitiminde, rezervuar hakkında olabildiğince fazla ve sağlıklı bilgi almak amacıyla bir dizi test operasyonu gerçekleştirilir. Bu testlerin, uygulama sırası ve tekniğe uygun olarak gerçekleştirilmesiyle alınacak sağlıklı veriler, yorumların hataya yer vermeyecek şekilde yapılmasını sağlayacaktır. Jeotermal sondaj kuyularında yapılan test çalışmaları; sondaj sırasında yapılan testler, sondaj bitiminde yapılan kuyu tamamlama testleri, normal sıcaklık ve basınç testleri, üretim testleri ve diğer kuyu testleridir. Bu testler yardımıyla rezervuar parametreleri hakkında bilgiler elde edilir ve jeotermal saha hakkında yorumlamalar gerçekleştirilir. Kuyu testleri kuyular delinirken başlayan, jeotermal kaynağa uygun optimum performanslı işletmenin planlanması sürecinde devam eden ve jeotermal sistemlerin dinamiği gereği işletme aşamasında da süreklilik arz eden çalışmalar bütünüdür (Ozudogru, 2015).

Bu çalışma Elazığ Beydağı II kuyusunda yapılan 800 metre derinliğine sahip jeotermal kuyusunda gerçekleştirilen kuyu tamamlama sıcaklık testleri ve testlerin ölçümlerinde kullanılan donanımlardan ve bu testlerden elde edilen veriler neticesinde derinliğe bağlı sıcaklık ve basınç profillerinin araştırılması sunulmuştur.

YÖNTEM

Jeotermal kuyularda kuyu tamamlama sıcaklık testleri, jeotermal enerji sistemlerin üretim ve rezervuar mühendisliği çalışmalarında gerekli olan temel araçlardan biridir. Sıcaklık ölçümleri sondaj esnasında alınmaya başlanılır ve işletme aşamasında da belirli aralıklarla alınmaya devam edilir (Onur, 2015). Sondaj esnasında alınan sıcaklık ölçümleri sondaj ile ilgili kararların alınmasında kullanıldığı gibi daha sonraki değerlendirmelerde de kullanılır. Kuyu tamamlandıktan sonra farklı aşamalarda kuyu

kapalı durumda iken statik sıcaklık, kuyudan üretim yapılırken veya kuyuya akışkan basılırken de dinamik sıcaklık değerleri ölçülür (Erkan, 2015).

Sondaj akışkanı olarak kullanılan çamurun sıcaklığı kuyu ağzında sürekli olarak ölçülür ve gözlenecek ısı artışlarına göre sıcaklık bir zona girildiği tespit edilir. Termometre ile alınan ölçüler giriş ve çıkış çamur sıcaklığı olarak kayıt edilir. Sıcaklık testlerinde çamur kaçaqları ve artışlarının periyodik olarak takip edilmesi gerekmektedir . Bunun için kaçak veya artışın hangi metrelerde olduğunun ve debi miktarının gözlenmesi, kırıklı, çatlaklı, geçirgen bir zona girildiğinin belirlenmesi ve önlem alınması açısından önemlidir. Kuyu aktifken alınan çamur sıcaklık değerlerinden veya kuyuya indirilen çeşitli ölçüm aletlerinden statik sıcaklığı bulunur. Kuyu üretime açıldıktan sonra da dinamik sıcaklık ve basınç değerleri ölçülür (Tan, 1996).

1. Jeotermal Kuyularda Statik Sıcaklık Testi

Kuyudan üretim yapılmadan, kuyu kapalı iken statik durumda yapılan ölçümlerdir. Kuyu içi sıcaklık profilini belirlemek amacı ile yapılabildiği gibi belirli bir derinlikteki sıcaklık değişimini gözlemek amacı ile de yapılabilir. Sondaj esnasında geçilen formasyonların sıcaklık değerleri hakkında bilgiler elde etmek amacı ile statik sıcaklık ölçüleri alınmaktadır. Ara muhafaza borusunun indirileceği derinliğin belirlenmesinde, muhafaza borusu arkasına alınacak seviyeler hakkında bilgi edinilmesinde, kuyuya devam edilip edilmeyeceğine karar verilmesinde sondaj esnasında alınan sıcaklık ölçüleri kullanılmaktadır. Ayrıca farklı sıcaklıklı rezervuar seviyelerinin geçilmesi durumunda seviyelerin sıcaklıklarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çünkü daha sonraki aşamalarda seviyeler arası akış olması durumunda seviyelerin gerçek sıcaklıklarının belirlenmesi ve rezervuar değerlendirmeleri gibi daha sonraki değişik aşamalarda da kullanılmaktadır. Sondaj çalışmalarına herhangi bir nedenle ara verilmesi sıcaklık ölçümleri için iyi bir fırsat oluşturmaktadır. Statik sıcaklık ölçümlerde sirkülasyon kaçarlarının olduğu bölümde gerçek formasyon sıcaklıklarının saptanması için kullanılmaktadır. Sondajın tamamlanmasından sonra kuyuda sondaj akışkanı varken ve üretime açılmadan genelde sıcaklık ölçümü yapılmaktadır. Üretim ile kuyu içerisine girecek akışkan diğer seviyelerin orijinal değerlerini bozacağından bozulmamış sıcaklıkların alınması açısından önemlidir. Bekleme zamanı ne kadar uzun olursa gerçek sıcaklık değerlerine o derece yaklaşılır (Erkan, 2015).

Kuyu tamamlama testleri kapsamında yapılan su kaybı ve enjeksiyon testleri esnasında kuyu soğutulduğundan, kuyunun ısınma periyodunda belirli aralıklarla statik sıcaklık ölçüleri alınmaya yine devam edilebilir. Ölçülere kuyunun daha hızlı ısınan seviyeleri göreceli olarak belirlenir ve diğer sıcaklık ölçülerinin yorumlanmasında kullanılır (Erkan, 2015). Kuyunun uzun süre kapalı kalmaları durumunda kuyu içinde çok belirgin ve sürekli bir kuyu içi akış yoksa kuyu içi sıcaklıklar uzun sürede dengeleneceğinden formasyon sıcaklıkları ve gradyan değişimleri hakkında bilgiler elde edilir . Uzun süreli üretimlerden sonra alınan sıcaklık ölçüleri olası değişikliklerin değerlendirilmesinde ve diğer ölçülerin yorumlanmasında kullanılır (Gsenenergy, 2017).

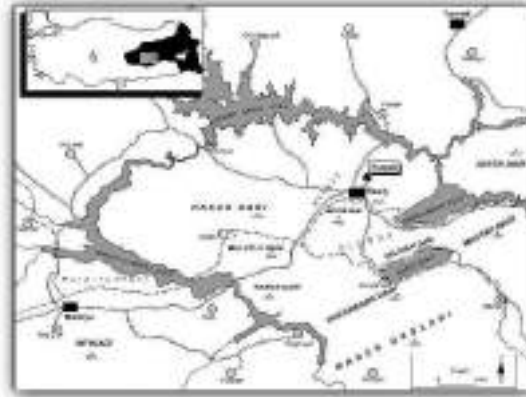
2. Jeotermal Kuyularda Dinamik Sıcaklık ve Basınç Testi

Kuyudan üretim yapılırken veya kuyuya akışkan basılırken dinamik durumda yapılan ölçümlerdir. Kuyu içi sıcaklık profilini belirlemek amacıyla yapılır. Üretim

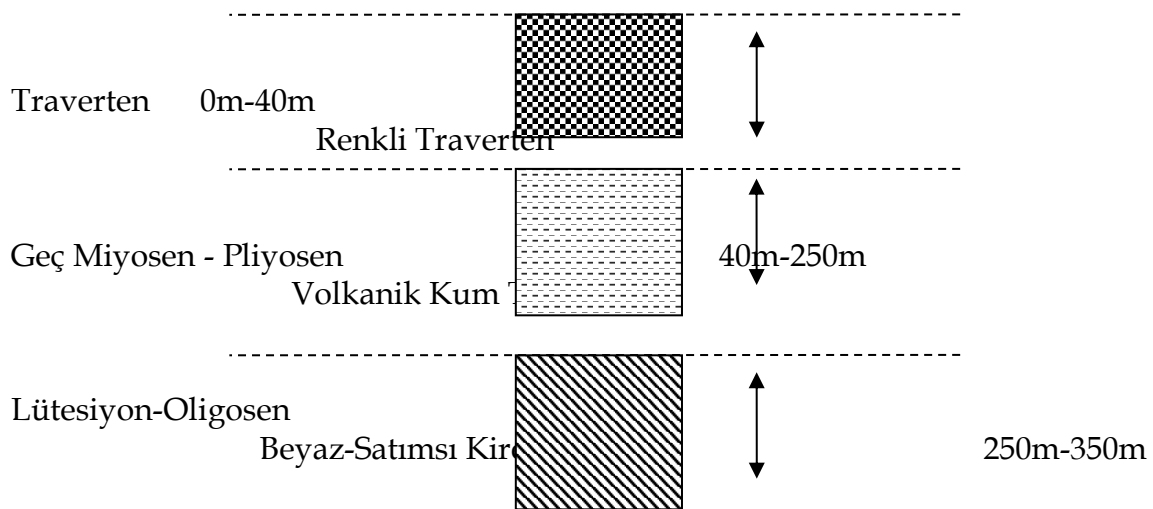
halinde ölçü alınırken üretim debisi sabit ve test aleti kuyuya rahatlıkla indirilip çıkartılabilecek seviyede olmalıdır . Üretim halinde alınan dinamik sıcaklık ölçümlerinde elde edilen kuyu içi sıcaklık profillerinden, farklı sıcaklıklara sahip rezervuar seviyelerinin olup olmadığı, varsa farklı seviyelerin sıcaklık veya kuyu içi karışım sıcaklıkları, kuyu içi faz değişimleri ve derinlikleri saptanmaktadır . Belirli zaman aralıklarında alınan farklı dinamik profillerin karşılaştırılması sonucu ise üretimle rezervuar sıcaklıklarındaki değişimleri belirlemek mümkündür. Özellikle reenjeksiyon uygulamalarının yapıldığı durumlarda ölçümler sıklaştırılmalıdır (Erkan, 2015).

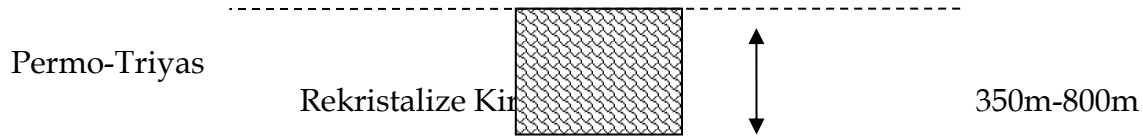
BULGULAR

Türkiye'de Elazığ Formasyonunda Beydağı II Kuyusunda (Şekil 1) yapılan kuyu tamamlama sıcaklık testlerine ait uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Kuyuya ait Statik ve Dinamik sıcaklık olmak üzere iki farklı ölçüm testine tabii tutulmuştur. Kuyu 800 metre derinliğe sahip olup, statik sıcaklık değerleri her 5 metre aralıklar ile ölçülürken, dinamik sıcaklık ve basınç değerleri ise her 50 metre aralıklar ile ölçüm sağlanmıştır. Kuyuya ait kesilen formasyon ve derinlikler hakkında Şekil 2'de gösterilmektedir. Litolojik olarak "Traverten" formasyonu ile başlayan sondaj işlemi "Permo-Triyas" formasyonu ile sonlanmıştır.



Şekil 1. Elazığ Beydağı II Kuyusu ve Kuyu Lokasyonu (Tombul, 2018)





Şekil 2. Elazığ Beydağı II Kuyusuna Ait Formasyon ve Derinlik

Kuyu içindeki sıcaklık ölçümleri jeotermal koşullara uygun olarak yapılmış özel cihazlarla yapılmaktadır. Son yıllara kadar mekanik cihazla kullanılırken gelişen teknoloji ile birlikte elektronik cihazlar da kullanılmaya başlamıştır. Ülkemizde kullanılan cihazla ilgili bazı bilgiler Tablo 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kuyu Sıcaklık ve Basınç Test Ölçümlerinde Kullanılan Cihaz Modelleri (Erkan, 2015)

Cihaz Modeli	Doğruluk ve Çözünürlük	Sıcaklık ve Basınç Kapasitesi
KPG (Bourden Tüpü)	0,05% ve 0,2%FS	400°C ve 1500-5200 psi
KTG (Bi- Metal)	-/+ 1 °C ve 0,05% 5	300°C
RPG- 3(Bourden Tüpü)	0,2%FS ve 0,05%	260°C ve 1500-2200 psi
Sıcaklık (RTD)	-/+ 0,2°C	300°C (6 Saat) ve 5000 psi

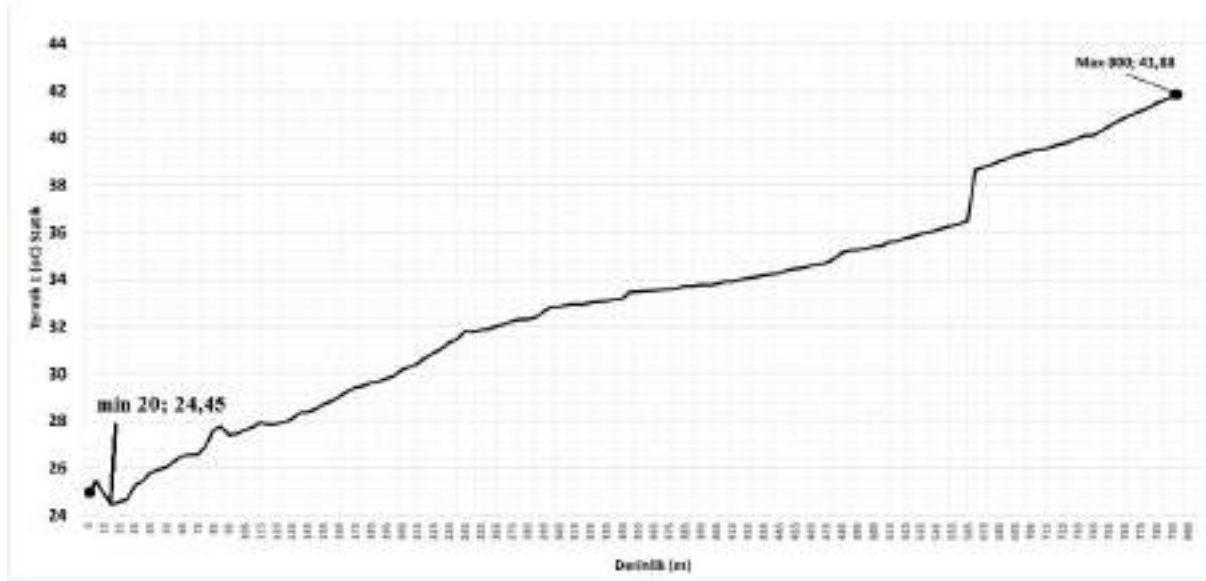
1. Elazığ Beydağı II Kuyusu Statik Sıcaklık Ölçüm Değerleri ve Analizi

Aşağıdaki Tablo 2'de Elazığ Beydağı II kuyusuna ait her 5 metrede ölçümü gerçekleştirilen statik sıcaklık değerleri gösterilmektedir.

Tablo 2. Elazığ Beydağı II Kuyusu ve 5 Metre Aralıklar İle Ölçülen Statik Sıcaklık Değerleri

Derinlik (m)	Termik 1 (°C) Statik	Derinlik (m)	Termik 1 (°C) Statik	Derinlik (m)	Termik 1 (°C) Statik	Derinlik (m)	Termik 1 (°C) Statik

5	24,86	195	29,81	385	33,73	675	38,77
10	25,47	200	29,92	390	33,72	680	38,89
15	24,98	205	30,20	395	33,78	685	39,03
20	24,45	210	30,31	400	33,77	690	39,13
25	24,57	215	30,45	405	33,81	695	39,29
30	24,67	220	30,69	410	33,91	700	39,36
35	25,27	225	30,89	415	33,91	705	39,46
40	25,45	230	31,05	420	34,00	710	39,53
45	25,81	235	31,33	425	34,07	715	39,57
50	25,95	240	31,46	430	34,11	720	39,69
55	26,04	245	31,82	435	34,19	725	39,76
60	26,30	250	31,78	440	34,23	730	39,85
65	26,52	255	31,87	445	34,27	735	40,00
70	26,59	260	31,91	450	34,40	740	40,12
75	26,58	265	32,02	455	34,46	745	40,12
80	26,94	270	32,11	460	34,50	750	40,32
85	27,62	275	32,25	465	34,59	755	40,51
90	27,77	280	32,32	470	34,66	760	40,71
95	27,41	285	32,33	475	34,71	765	40,87
100	27,46	290	32,40	480	34,88	770	41,02
105	27,63	295	32,65	485	35,16	775	41,16
110	27,74	300	32,85	491	35,24	780	41,30
115	27,94	305	32,86	495	35,27	785	41,49
120	27,86	310	32,94	500	35,31	790	41,62
125	27,87	315	32,97	505	35,41	795	41,78
130	27,96	320	32,96	510	35,44	800	41,88
135	28,08	325	33,04	515	35,60		
140	28,36	330	33,08	520	35,63		
145	28,38	335	33,10	525	35,76		
150	28,50	340	33,16	530	35,83		
155	28,72	345	33,20	535	35,95		
160	28,85	350	33,47	540	36,01		
165	29,03	355	33,49	545	36,11		
170	29,25	360	33,51	550	36,21		
175	29,44	365	33,53	555	36,29		
180	29,49	370	33,57	560	36,39		
185	29,63	375	33,58	565	36,53		
190	29,68	380	33,63	670	38,67		



Şekil 3. Elazığ Beydağı II Kuyusu ve Derinliğe Bağlı Statik Sıcaklık Profili

Kuyuya ait üretime açılmadan önce elde edilen statik sıcaklık değer değişimleri ve derinliğe göre karşılaştırılması yapıldığında 5.metrede 24,86°C ile başlayan kuyu minimum değere 20.metreden itibaren ulaşarak 24, 45°C göstermiştir. Bu değer kuyuya ait son derinlik olan 800.metrede 41,88°C olarak ölçülmüştür. Gösterilen grafiğin (Şekil 3) doğrusallığı kuyuda herhangi bir çamur kaçağın fazla olmayışı ya da kabuklaşmanın önemli bir boyutta olmadığını göstermektedir.

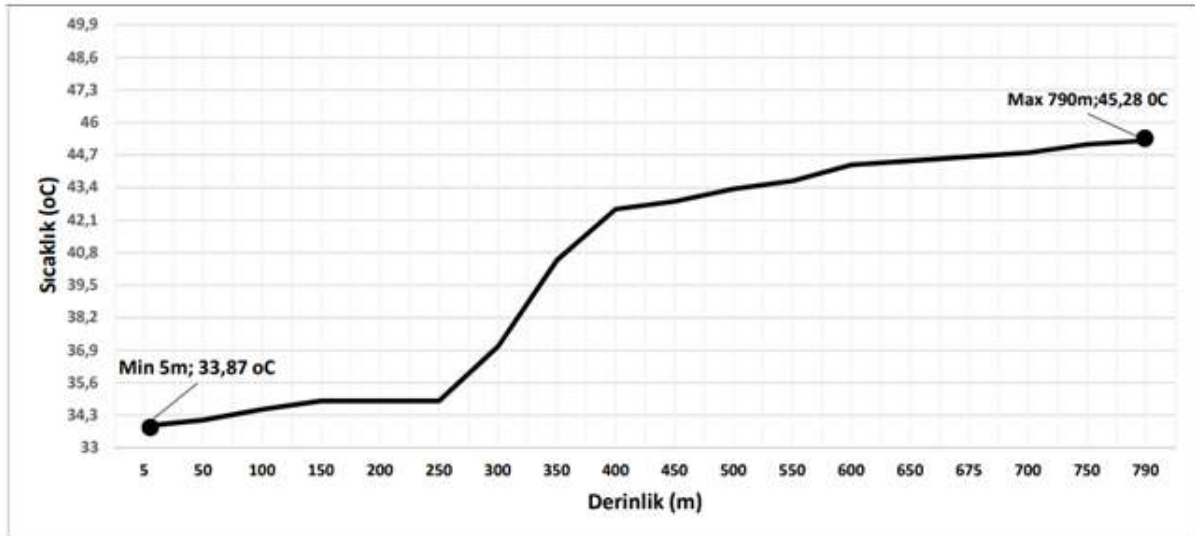
2. Elazığ Beydağı II Kuyusu Dinamik Sıcaklık ve Basınç Ölçüm Değerleri ve Analizi

Elazığ Beydağı II kuyusunda belirli metrajlar aralığında yapılan saatlik dinamik sıcaklık ve basınç ölçümlerinden elde edilen veriler aşağıdaki Tablo 3'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Beydağı II Kuyusu ve 5 Metre Aralıklar İle Ölçülen Dinamik Sıcaklık ve Basınç Değerleri

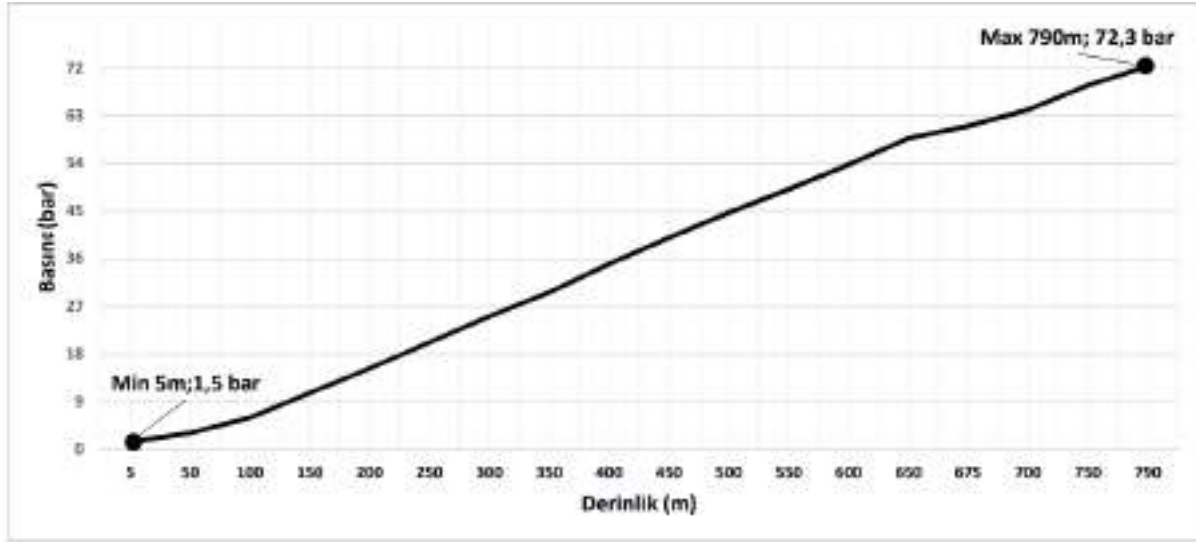
Derinlik	Dinamik Sıcaklık (°C)	Dinamik Basınç (bar)
----------	-----------------------	----------------------

5	33,87	1,50
50	34,12	3,12
100	34,54	6,05
150	34,88	10,70
200	34,88	15,35
250	34,88	20,30
300	37,05	25,16
350	40,50	29,70
400	42,54	35,07
450	42,85	40,02
500	43,35	44,67
550	43,67	49,12
600	44,31	58,74
650	44,47	61,06
700	44,80	64,15
750	45,12	68,75
790	45,28	72,30



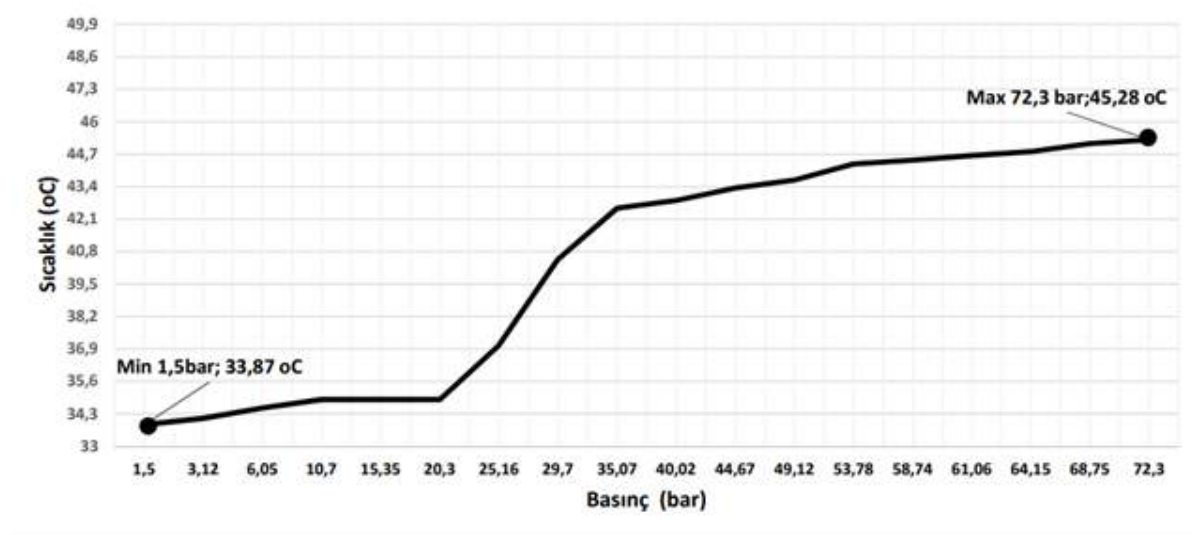
Şekil 4. Elazığ Beydağı II Kuyusu ve Derinliğe Bağlı Dinamik Sıcaklık Profili

Kuyuya ait üretime açıldıktan sonra elde edilen dinamik sıcaklık değer değişimleri ve derinliğe göre karşılaştırılması (Şekil 4) yapıldığında 5 metrede 33,87°C ile başlayan kuyu minimum değere yine ilk 5 metrede ulaşmış olup, 790 metrede 45,28°C ile en yüksek dinamik sıcaklık değerine ulaşmıştır. Dinamik sıcaklık değerleri ölçülürken kuyu içerisinde dinamik basınç ölçüsünde lineer olarak düz bir çizgi halinde uzanan basınç profili belli bir seviyeden yüzeye doğru sapma gösterir ki bu da kuyu içinde kabuklaşmanın başladığı seviye hakkında fikir verir (Bhatia, 2014).



Şekil 5. Elazığ Beydağı II Kuyusu ve Derinliğe Bağlı Dinamik Basınç Profili

Elde edilen dinamik basıncın derinliğe göre karşılaştırılması yapıldığında 5 metrede 1,5 bar ile başlayan kuyu maksimum basınç değerine 790 metre de 72,30 bar olarak ölçülmüştür (Şekil 5).



Şekil 6. Elazığ Beydağı II Kuyusu ve Dinamik Sıcaklığa Bağlı Dinamik Basınç Profili

Kuyuya ait elde edilen dinamik basıncın dinamik sıcaklığına göre karşılaştırılması yapıldığında 5 metrede sıcaklığın 33,87°C ile başlayan noktada basıncın 1,5 bar, kuyu maksimum basınç değerine 72,30 bar ile ulaştığında dinamik sıcaklık 45,28°C olarak ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 6).

SONUÇ

Jeotermal kuyularda sürdürülebilir sondaj, üretim ve projelerin planlanması oldukça önemlidir. Sahanın optimum ve verimli işletilmesi için kaynakla ilgili olarak kuyular, rezervuar ve jeotermal sistem hakkında önemli bilgiler kuyu testleri ile elde edilmektedir. Bu testler arasında önem arz eden sıcaklık testleri kuyu açılırken başlar, jeotermal kaynağa optimum performanslı işletmenin planlanması sürecinde devam eden ve jeotermal sistemlerin dinamiği gereği işletme (üretim) aşamasında da süreklilik arz eden çalışmalardır.

800 metre derinliğine sahip Beydağı II Jeotermal Kuyusunda gerçekleştirilen sıcaklık testleri ölçümlerde, statik sıcaklığın maksimum değeri 41,88°C, minimum sıcaklık değeri 24,45°C ölçülürken dinamik sıcaklığın maksimum 45,28°C değerinde dinamik basınç 72,30 bar iken minimum 33,87°C değerinde dinamik basınç 1,50 bar olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler ışığında kuyu tamamlama sıcaklık testleri kuyu performansının planlanması ve rezervuar parametrelerinin yanında rezervuarın yapısı, çamur kaçağının bulunup bulunmadığı ya da rezervuarın durumu hakkında önemli bilgiler sunar.

KAYNAKLAR

- Ozudogru, S. (2015). *Jeotermal kuyu tamamlama testleri ve saha uygulamaları*. Jeotermal Enerji Semineri, 8-11 Nisan.
- Onur, M. (2015). *Jeotermal rezervuarlarında kuyu basınç testleri ve analizi*, Jeotermal Enerji Semineri, 8-11 Nisan.
- Erkan, B. (2015). *Jeotermal santraller için kısa ve uzun süreli kuyu testler*, Jeotermal Enerji Semineri, 8-11 Nisan.
- Tan, C. (1996). *Türkiye jeotermal enerji gereksinimi ve ege bölgesi jeotermal enerji alanlarında sondaj ve test uygulamaları*, Sondaj Sempozyumu, İzmir.
- Energy, G. (2017). *Kuyu Tamamlama Testleri*, Erişim Tarihi 05.10.2018. <http://www.gseenergy.com/hizmetler/kuyu-tamamlama-testleri>
- Tonbul, S. (2018) *Karadoğan, S. Elazığ İl Harput'un Kuruluş Yeri ve Şehrin Fonksiyonunu Yitirmesi Üzerinde Etkili Olan Çevre Faktörleri*, Fırat Üniversitesi, Erişim Tarihi : 09.10.2018. <http://web.firat.edu.tr/cografya/eg/harput.html>
- Bhatia, S.C. (2014) *Geothermal energy resources and its potential in india*, *Advanced Renewable Energy Systems*, Pages 389-402.

COMPARISON OF SOIL ENZYMES AND SOIL PROPERTIES IN GRASSLAND, WHEAT AND PISTACHIO AGRICULTURAL LANDS IN ARABAN, GAZIANTEP PROVINCE

Erdihan Tunç¹, Awet Tekeste Tsegai¹, Ömer Çelik², Aydın Atakan²

¹University of Gaziantep, Faculty of Arts & Science, Department of Biology 27310, Şehitkamil/ Gaziantep, Turkey

²University of Gaziantep; Araban MYO Araban /Gaziantep,Turkey

ABSTRACT: Agricultural practices change soil properties thus affecting soil health and fertility. Therefore, an assessment of these changes is necessary for soil health and management. Soil enzymes especially urease and catalase are highly sensitive to the change in biological and physicochemical properties of soil. In this study we compared the activities of urease and catalase enzymes, as well as the physicochemical properties of soils from grassland, wheat and pistachio agricultural lands in Araban area of Gaziantep province. Our result showed highest total organic carbon (TOC) as well as urease and catalase activities in grassland followed by wheat and then pistachio agricultural land. Unlike in the agricultural lands - pistachio being a perennial tree and wheat due to seasonal harvest- grasslands showed high TOC possibly due to higher plant residue in soil, which in turn may have provided organic matter that was used as a substrate that resulted in the high enzyme activities. Moreover, in the same trend to enzyme activity, soil pH was least alkaline in grassland followed by wheat and pistachio agricultural lands respectively, possibly the near neutral pH might have resulted in higher enzyme activities, contributing to the trend. Further, respiration rate though not statistically significant was highest in grasslands as compared to the wheat and pistachio agricultural fields. Wheat agricultural fields showed high EC and salt (%) while all soil samples showed no difference in K, P, N content. Overall our results suggested a higher microbial activity in the grassland than in the agricultural lands.

Keywords: Soil enzyme, Urease, Catalase, Grassland, Agricultural land, Pistachio, wheat.

OPTIMIZATION OF THE FLANGE TYPE DIFFUSER FOR WIND TURBINE WITH RESPONSE SURFACE METHOD

Emre KOÇ
Baskent University
ekoc@baskent.edu.tr

Onur GUNEL
Ankara Yıldırım Beyazıt University
ogunel@ybu.edu.tr

Gürcan TIRYAKI
Ankara Yıldırım Beyazıt University
gtiryaki@ybu.edu.tr

Tahir YAVUZ
Baskent University
tyavuz@baskent.edu.tr

ABSTRACT: The velocity of flow passing through the wind turbine could be increased by using a diffuser around the turbine. In order to obtain flanged diffuser geometry leading maximum average velocity at the wind turbine zone, the optimization analysis is applied by using 2D CFD results. SST k- ω turbulence model is used for solving corresponding Reynold Average equations. The diffuser angle, flange angle and ratio of the height of flange to entrance diameter is considered as the geometrical parameter of the flanged diffuser. Box-Behnken experimental design and Response Surface methodology is used to obtain the objective function and the relationship between velocity of flow passing through diffuser and independent parameters. By using the Response Optimizer tool in Minitab, values of parameters that leaded maximum average flow velocity at the entrance zone are obtained. The average flow velocity is increased by 1.5 times at the entrance zone when a flanged diffuser is used.

INTRODUCTION

Due to the rapidly increasing population and technological advances, the demand for energy is increasing day by day. To meet this demand, the technology is turning to renewable energy sources rather than fossil fuels. Wind energy is one of the renewable energy sources and they are used widely around the world. Wind turbines are classified from small to large scale. Small-scale turbines generally operate in household applications. Also, it is known that the power derived from the wind turbines is proportional to the rotor blade area and cube of wind speed. Thus, with a small increase in flow speed, the power output from the wind turbine can be increased substantially. One of the ways to increase the power of a small scale wind turbine is to place a diffuser around it. The diffuser increases the mass flow through the inside of

the diffuser, thus more power could be obtained from the wind turbine with respect to the bare turbine. Many diffuser types are investigated in the literature. One of them is flanged diffuser. With adding a flange behind the diffuser, it creates a low-pressure zone behind the concentrator. This zone draws more flow into the diffuser to equalize the pressure gradient.

Ohya et al. (2008) designed with and without flange for wind turbines. They investigated the effects of the different concentrator types on the turbine performance. Experimental studies were carried out for 3 parameters such as concentrator length, height of flange, and concentrator angle. They obtained that turbine power was increased 4-5 times. Zahaby et al. (2017) studied concentrator with different flange angles. The effect on velocity distribution in the concentrator of the flange angle was examined by using CFD analysis and they compared the results with literature. Kosasih and Tondelli (2012) experimentally examined a flanged wind turbine in different geometries and found that the performance of the small-capacity wind turbine was increased by 63%. Matsushima et al. (2006) experimentally demonstrated that a wind turbine enclosed by a small-capacity flanged concentrator produces 2.4 times more energy than the turbine without a flanged concentrator. Similar studies were carried out by different authors (Ohya, 2010, Chen, 2012, Abe, 2004, Toshimitsu, 2008).

In all studies outlined above, the effects of the design parameters on the flow through the diffuser are investigated separately, however, the interaction between design parameters are not considered. To reach the optimum values, the interactions between design parameters are also important. In this study, by referring Abe et al. (2004) optimization study is carried out via the Response Surface Method and 2D CFD analyses. The Box Behnken experimental design is chosen to obtain regression model.

METHODS

Geometry of diffuser

The geometry of diffuser is given in Figure 1. The structure can be defined by 3 parameters as α (diffuser angle), δ (flange angle) and h/D (ratio of the height of flange to entrance diameter). Here, L/D (ratio of the diffuser length to entrance diameter) ratio is taken as 1.5 and it is kept constant.

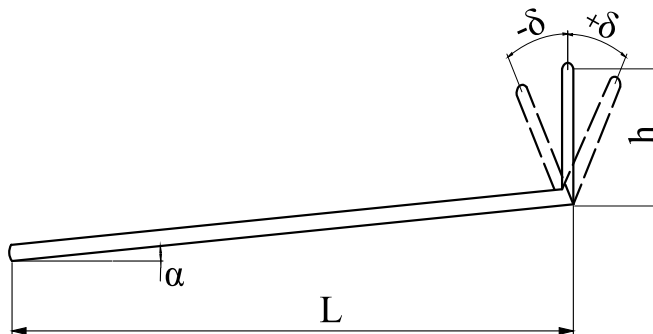


Figure 1. The Geometry of Diffuser with Flange

Response Surface Method

The response surface methodology (RSM) is used in order to reveal the effect of the parameters over the response variables and to find out the values which make the response variable among the combinations of the factor values maximum or minimum (Şimşek, 2013)

The first step in the response surface method is to determine factors. After this step, experimental design, regression modeling, and optimization techniques are used one within another.

There are two main types of response surface designs: Central Composite Design (CCD) and Box Behnken designs. Box Behnken designs generally give fewer experiment number than CCD. Therefore, they are less expensive to run with the same number of factors. The quadratic polynomial regression equation of velocity distribution on the diffuser entrance derived from CFD results is in the format which is given by the Eq. (1).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=2}^k \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + e \quad (1)$$

In the equation, Y is the objective function or the predicted response (in this study, it is average of the velocity distribution on diffuser entrance region), β_0 is the offset term, β_i is the linear effect, β_{ij} is the squared effect and β_{ii} is the interaction effect (Şimşek, 2016). The level of diffuser geometry parameters for using RSM are given in Table 1.

For this study, the 3 parameters with their 3 levels are given in Table 1. Each parameter has three levels as low (-1), middle (0) and high (1).

Table 1. Diffuser Geometry Parameters Level for RSM

	Level 1	Level 2	Level 3
α	4 ⁰	12 ⁰	20 ⁰
δ	-15 ⁰	0 ⁰	15 ⁰
h/D	0.25	0.375	0.5

Box-Behnken experimental design method (BBD) with 3 parameters and 3 levels gives 15 experimental samples. Experimental sample schedule for CFD analyses is given in Table 2.

Table 2. RSM Design Schedule

Coded			Uncoded		
α	δ	h/D	α	δ	h/D
1	0	1	20 ⁰	0 ⁰	0.5
1	-1	0	20 ⁰	-15 ⁰	0.375
-1	0	-1	4 ⁰	0 ⁰	0.25
0	-1	-1	12 ⁰	-15 ⁰	0.25

-1	-1	0	4 ⁰	-15 ⁰	0.375
1	1	0	20 ⁰	15 ⁰	0.375
-1	0	1	4 ⁰	0 ⁰	0.5
0	-1	1	12 ⁰	-15 ⁰	0.5
0	0	0	12 ⁰	0 ⁰	0.375
0	1	1	12 ⁰	15 ⁰	0.5
0	1	-1	12 ⁰	15 ⁰	0.25
0	0	0	12 ⁰	0 ⁰	0.375
0	0	0	12 ⁰	0 ⁰	0.375
1	0	-1	20 ⁰	0 ⁰	0.25
-1	1	0	4 ⁰	15 ⁰	0.375

CFD Analyses

ANSYS-FLUENT 18.1 software package is used for CFD analysis. SST k- ω turbulence model is used for solving corresponding Reynolds Average equations. In the analyses, RANS solution is obtained using the simple algorithm with steady-state flows. Green-Gauss Node Based discretization method is chosen as a solver in the CFD analyses. Also, the second-order scheme is used for the momentum and turbulence equations discretization. The k- ω turbulence model is used to solve the incompressible Navier Stokes equations. The convergence rate is observed by plotting residuals during the iteration process. Different sizes of grids were used to obtain grid independency in CFD analyses. The numbers of grids nodes are changed until there is negligible change in results.

Firstly, for diffuser which has L/D (1.5), h/D (0.5), α (4⁰) parameters, is modeled as Abe, (2004) and CFD analysis is carried out. The result is compared with the Abe et al. (2004) as shown in Figure 2 for verification of CFD analysis. Figure 2 shows the axial flow velocity on the axisymmetric axis. It can be seen that similar results are obtained.

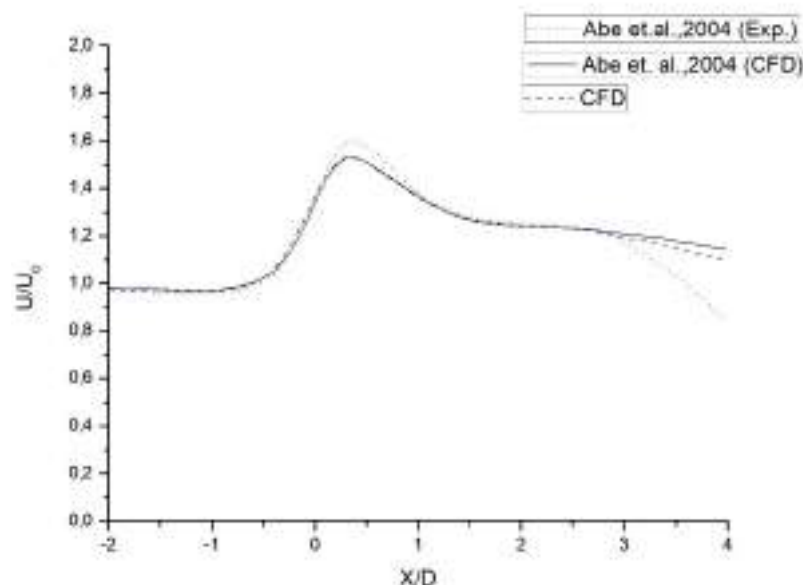


Figure 2. Comparison of Axial Velocity

After the verification study, the geometries are obtained according to Box Behnken design, are analyzed at 5 m/s wind speed. A vertical line is drawn between the axis and diffuser at the entrance zone, however, there is a gap between the diffuser and the vertical line. The vertical distance between the end point of the line and diffuser is given as 3% of the turbine radius and average axial flow velocity on the line is obtained for all 15 experimental sample. The CFD analysis conditions of overall view are given in Figure 3.

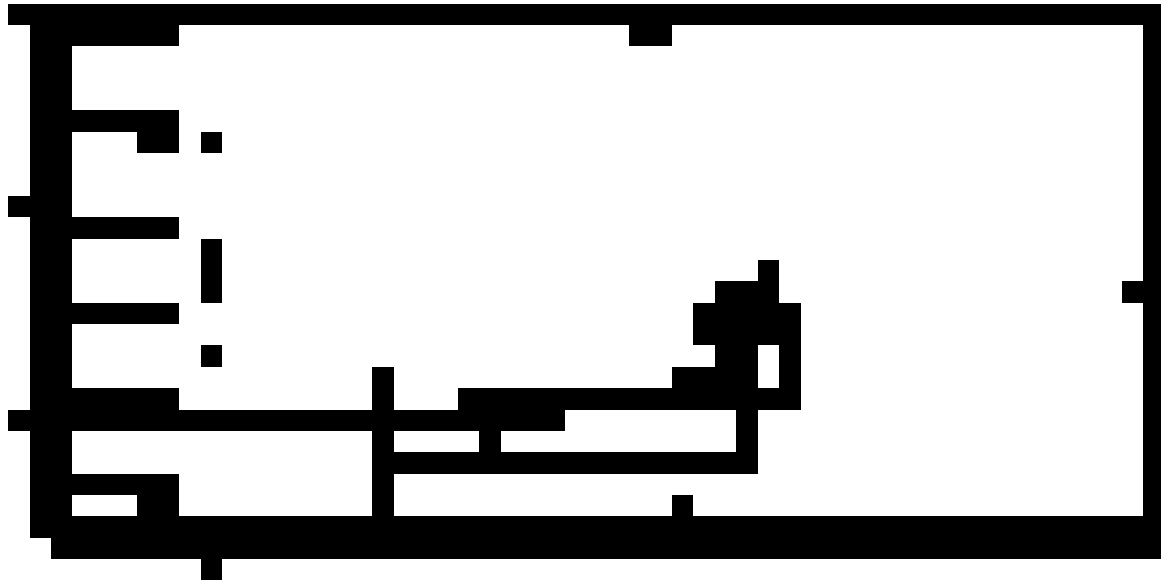


Figure 3. Computational Domain Structure

RESULTS AND FINDINGS

The CFD analyses are carried out for 15 samples and the average velocity which is acquired with axial velocity values at the entrance zone is calculated. Analyses results are shown in Table 3.

Table 3. CFD Results with respect to RSM

α	δ	h/D	Average
1	0	1	5.78
1	-1	0	5.79
-1	0	-1	7.25
0	-1	-1	5.87
-1	-1	0	7.19
1	1	0	5.82
-1	0	1	7.06
0	-1	1	6.23
0	0	0	6.35
0	1	1	6.30
0	1	-1	6.44

0	0	0	6.34
0	0	0	6.34
1	0	-1	5.88
-1	1	0	7.20

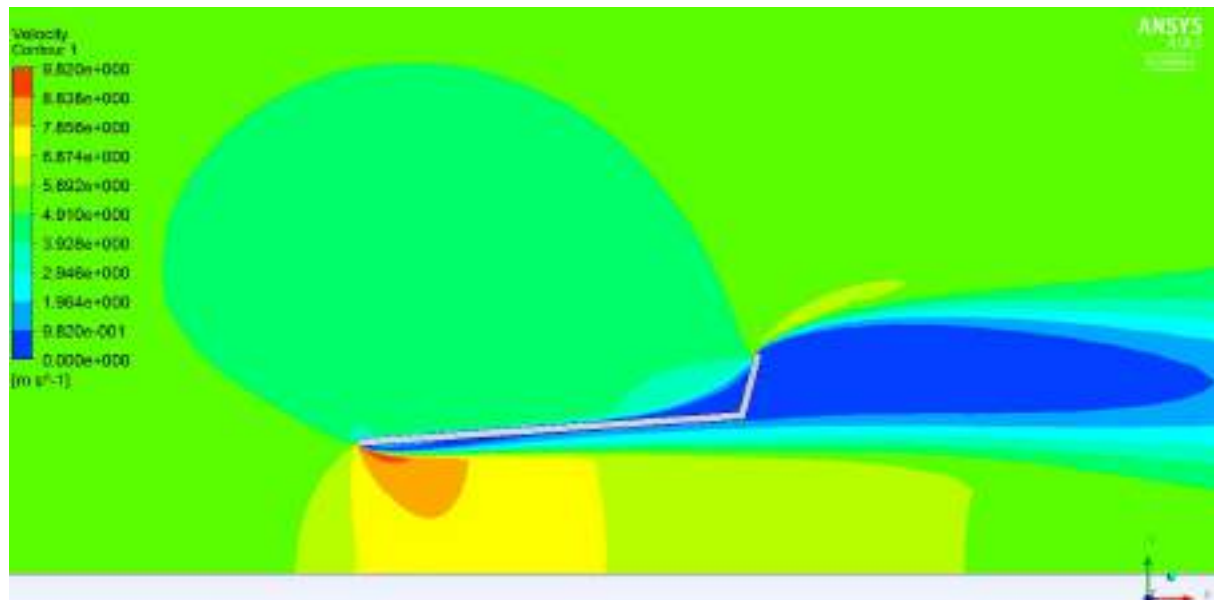
The regression equation is given Eq. 2 which is obtained using RSM with respect to the CFD results. The empirical equation between the response and independent variables is determined in the coded units. In Eq. 2, A, B, C represent dimensionless parameters and present levels (-1,0,1) of the design parameters.

$$Y(\text{Velocity}) = 6.3441 - 0.6778 A + 0.0850 B - 0.0070 C + 0.2195 A^2 - 0.0645 B^2 - 0.0688 C^2 + 0.0042 A*B + 0.0196 A*C - 0.1240 B*C \quad (2)$$

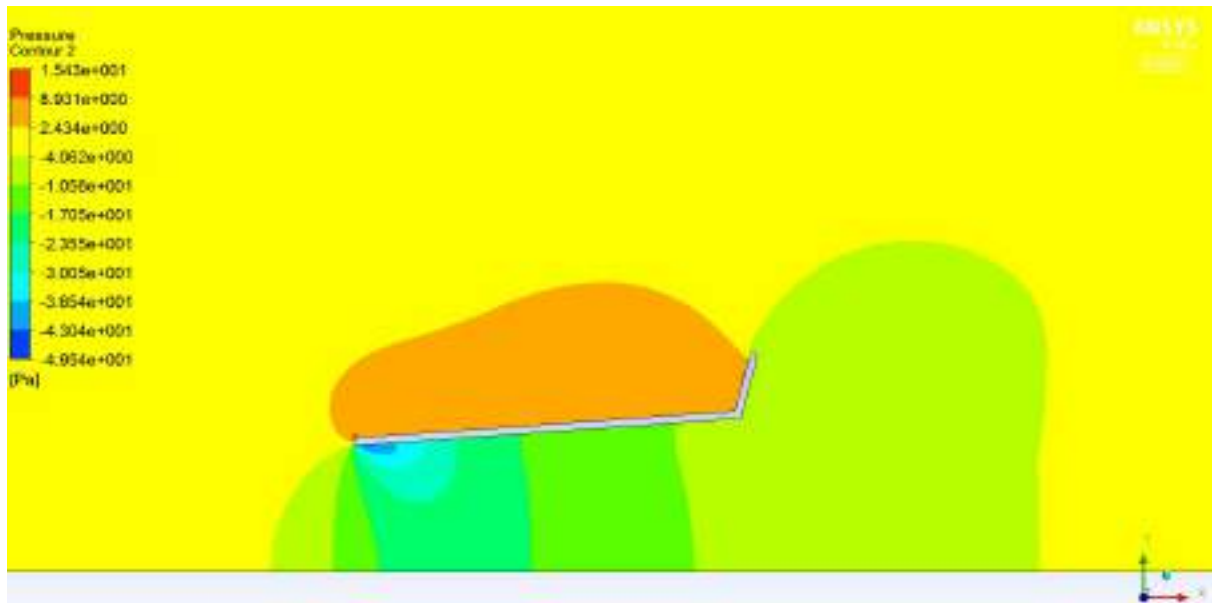
Using Response Optimizer from Minitab program the optimum parameter levels leading to the highest velocity increase on entrance zone as $A = -1$, $B = 1$; $C = -1$. Real parameter values can be calculated as 4° (α), $+15^\circ$ (δ), 0.25° (h/D). Optimum average velocity distribution on the entrance zone is obtained as 7.33 m/s.

Also, using the optimum geometric parameters, the CFD analysis is carried out. The maximum average speed on the entrance zone is about 7.26 m/s.

The velocity contour and pressure distribution obtained from the CFD for optimum geometric are shown in Figure 4. As shown in the figure, flange causes a low-pressure zone behind the diffuser, and consequently, the velocity increases inside the diffuser. The velocity increases from the concentrator inlet and then it decreases.



(a)



(b)

Figure 4 Counter of (a) Velocity and (b) Pressure for optimum diffuser

CONCLUSION

The optimization study for flanged type diffuser is carried out with Response Surface Method and CFD analyses. Conclusions drawn from the study are;

As the flange creates a low-pressure zone behind the concentrator and the free wind speed increases in the diffuser.

The RSM represented a good relationship between the objective function and design parameters. It offers a geometry which has the highest velocity increase on the entrance zone from among other 15 experiments.

Response optimizer offers optimum velocity as 7.33 m/s for the parameters 4° (α), $+15^\circ$ (δ), 0.25 (h/D). Also, from the CFD analysis for optimum geometric parameters, optimum velocity 7.26 m/s is obtained. It is shown that response optimizer shows good agreement with CFD.

By using diffuser, the average flow velocity is increased by 1.5 times at the entrance zone.

Further studies, to obtain more realistic results, it is necessary to take into account the turbine effects. Therefore, the porous jump model may be used to represent the turbine for 2D analysis.

REFERENCES

Ohya, Y., Karasudani, T., Sakurai, A., Ichi Abe, K., and Inoue, M. (2008). Development of a shrouded wind turbine with a flanged concentrator. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*,

El-Zahaby, A. M., Kabeel, A. E., Elsayed, S. S., and Obiaa, M. F. (2017). CFD analysis of flow fields for shrouded wind turbine's concentrator model with different flange angles. *Alexandria Eng. J.*, vol. 56, no. 1, pp. 171-179.

Kosasih, B. and Tondelli, A. (2012). Experimental study of shrouded micro-wind turbine. *Procedia Engineering*.

Matsushima, T., Takagi, S., and Muroyama, S.(2006). Characteristics of a highly efficient propeller type small wind turbine with a concentrator. *Renew. Energy*.

Ohya Y., and Karasudani, T. (2010). A shrouded wind turbine generating high output power with wind-lens technology. *Energies*.

Chen, T. Y., Liao, Y. T., and Cheng, C. C. (2012). Development of small wind turbines for moving vehicles: Effects of flanged concentrators on rotor performance. *Exp. Therm. Fluid Sci.*

Abe, K., Ohya, Y., 2004. An investigation of flow fields around flanged diffusers using CFD. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 92315-92330.

Toshimitsu, K., Nishikawa, K., Haruki, W., Oono, S., Takao M., Ohya Y. (2008). PIV measurements of flows around the wind turbines with a flanged-diffuser shroud. *In: Proceedings of the 2nd Asian Joint Workshop on Thermo Physics and Fluid Science. Luoyang, China.* pp. 264–270.

Şimşek, B., Y. T. İç, and E. H.Şimşek. (2013). A TOPSIS-based Taguchi Optimization to Determine Optimal Mixture Proportions of the High Strength Self-Compacting Concrete." *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 125: 18–32. doi:10.1016/j.chemolab.2013.03.012

Şimşek, B., İç, Y. T. and Şimşek, E. H. (2016). A RSM-Based Multi-Response Optimization Application for Determining Optimal Mix Proportions of Standard Ready-Mixed Concrete," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 41, no. 4, pp. 1435–1450.

USE OF VACUUM IMPREGNATION IN FOOD ENRICHMENT PROCESSES

Elif Sena KIRMIZIKAYA
Kahramanmaraş Sütçü İmam University
eskirmizikaya@ksu.edu.tr

İnci ÇINAR
Kahramanmaraş Sütçü İmam University
icinar@ksu.edu.tr

ABSTRACT: Having higher quality nutritious foods with prolonged shelf life is a constant demand of food processing industry. Processing results in some losses of certain food components depending on the nature of food, processing method and storage conditions. Enrichment studies have gained increasing interest in recent years to overcome and compensate nutritional losses occurred due to food processing. Vacuum impregnation simply is a controlled hydrodynamic process that eases and accelerates the mass transport during processing due to capilarity of food matrix. Vacuum impregnation of porous food is based on transferring internal gas or liquid from open pores to external liquid phase by the help of hydrodynamic mechanism that occurs due to the sub atmospheric pressure. Technique originates from the idea of accelerating the rates of osmotic dehydration of foods and success of process mainly depends on time, temperature, pressure and properties of food. The aim of the study is to summarize the basic mechanism of vacuum impregnation, process parameters and selected studies from recent publications.

Key words: Vacuum impregnation, mass transfer rate, hydrodynamic mechanism, food, processing.

Vakum İmpregnasyonun Gıda Zenginleştirme İşleminde Kullanımı

ÖZET: Gıda işleme endüstrisinin daimi talebi gıdaların yüksek kaliteli, uzun ömürlü ve besleyici olmasıdır. Ancak gıda işleme gıdanın yapısı, işleme yöntemi ve depolama koşullarına bağlı olarak bazı bileşenlerin kayıplarıyla sonuçlanmaktadır. İşleme esnasında meydana gelen bu kayıpları telafi etmek zenginleştirme çalışmalarının son yıllarda artmasına sebep olmuştur. Vakum impregnasyon temel olarak gıda matrisinin kapillerliği nedeniyle işlem sırasında kütle aktarımını kolaylaştıran ve hızlandıran kontrollü bir hidrodinamik işlemdir. Gıdalarda vakum impregnasyon işlemi sub-atmosferik basınç nedeniyle oluşan hidrodinamik mekanizmanın yardımıyla iç gözenekteki gazın veya sıvının açık gözeneklerden dış sıvı fazına aktarılmasına dayanmaktadır. Teknik, gıdaların ozmotik dehidrasyon oranlarını artırma fikrinden kaynaklanmakta ve sürecin başarısı esas olarak zaman, sıcaklık, basınç ve gıda özelliklerine bağlı kalmaktadır. Bu çalışma vakum impregnasyonun temel mekanizmalarını, proses parametrelerini ve literatürden seçilmiş son çalışmaları özetlemeyi amaçlamaktadır.

Anahtar sözcükler: Vakum impregnasyon, kütle transfer oranı, hidrodinamik mekanizma, gıda, işleme.

GİRİŞ

Hızla değişen ve spesifikleşen tüketici taleplerini karşılamak üzere gıda endüstrisi tüketime hazır yarı işlenmiş veya işlenmiş gıdaların ve özellikle de bebek mamaları, unlu mamuller ve tahıllar, şekerlemeler, süt ürünleri, hazır yemekler, atıştırmalıklar gibi ürünlerin çeşitlendirilerek üretimine hız vermiştir. Ancak bu durum endüstriyel toplumlarda dengesiz ve yetersiz beslenmeye sebep olmaktadır. Beslenme konusundaki yanlış bilgilendirme ve uygulamalar besin değeri düşük ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sebeple son dönemlerde tüketicilerin fonksiyonel gıdalara talepleri artmış ve özellikle zenginleştirilmiş gıdalara ilgi yoğunlaşmıştır.

Fonksiyonel gıda pazarı dünyada en büyük paya sahiptir. Tüketicilerin fonksiyonel gıdalara talebi temel besleyici özelliklerinin yüksek olması yanında sağlıklı ve uzun yaşama arzusu olup bu yeni durum gıda endüstrisini yeni ürün, metot ve süreç geliştirmeye yönlendirmektedir. 2017 yılında 299,32 milyar ABD doları piyasasına sahip bu pazarın %30'luk büyümeyle 2022 yılına kadar 441,56 milyar ABD doları değerinde bir paya ulaşması beklenmektedir (Statiska, 2017).

Ürünlere vitamin ve mineral, antioksidan, probiyotik ve prebiyotikler gibi bileşenlerin takviye edilmesi gıda zenginleştirme işleminin önem kazanmasına sebep olmuştur (Bellary ve Rastogi, 2014). Zenginleştirme çalışmalarında sıklıkla ozmotik dehidrasyon kullanılsa da vakum impregnasyon (VI) alternatif olarak geliştirilmiş yeni bir teknoloji olarak nitelendirilmektedir. Çalışmanın amacı vakum impregnasyonun temel mekanizmalarını, proses parametrelerini ve literatürden seçilmiş örnek çalışmaları özetlemeyi amaçlamıştır.

Vakum İmpregnasyon Mekanizması

VI en yalın tanımlama ile çözeltiye daldırılan gözenekli ürünün içinde doğal olarak bulunan gazın veya sıvının dışarı çıkartılıp yerinin çözelti sıvısı ile değiştirilmesi işlemidir. Şekil 1'de patates örneklerinin fenolik madde ve antosiyaninler bakımından zengin üzüm suyu ile vakum impregnasyonu görülmektedir. VI işlemi basınç değişimlerinden kaynaklanan hidrodinamik mekanizmaların etkisiyle gerçekleşmektedir. Sıvı tarafından kaplanan gözeneklerdeki hacimsel değişimin gözenek iç basıncı (P_i), kapiler basınç (P_c) ve sıvı üzerine etki eden basıncın (P_1) (Pa cinsinden ifade edilen) bir fonksiyonu olduğu düşünülmektedir. Özellikle kapiler basınç gözeneklerin özelliklerine bağlıdır ve bu durum Young-Laplace eşitliği (Eşitlik 1) ile ifade edilmektedir (Panarese ve ark., 2013).

$$P_c = \sigma \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right] \cos\theta \quad (1)$$

Eşitlikte σ ara yüzey gerilimi ($N.m^{-1}$), r_1 ve r_2 gözeneklerin temel yarıçaplarını (m) ve θ temas açısını (rad) temsil etmektedir.



Şekil 1. Patates dilimlerinin üzüm suyu fenolik madde ve antosiyaninleriyle zenginleştirilmesi

VI işlemi deformasyon ve gevşeme olmak üzere iki temel aşamada gerçekleşmektedir (Şekil 2). Çözeltiye daldırılan ürünün kapiler yapısı gereği iç ve dış basıncı başlangıçta atmosferik basınca eşit durumdadır. Bu anda kapiler yapının içi gazla doludur. İlk adımda sisteme belirli bir süre (t_1) vakum uygulanır ($P_1 < P_{atm}$) ve basıncın düşmesiyle kapilerdeki gazın dışarı çıkması sağlanır. Bu durum kapiler yapının deforme olup gözeneklerde bulunan gazın genişlemesine neden olur ($P_i > P_1 + P_c$). Gözenek gaz basıncı sistem basıncına eşit olduğunda ($P_i = P_1$; $P_1 < P_{atm}$) hidrodinamik mekanizma sonucu kapiler borular sıvı ile dolmaya başlar ve kapiler yapının iç basıncı yavaşça yükselir. İkinci adımda ise sistem vakumu kesilip t_2 süresince atmosferik basınçta ($P_1 = P_{atm}$) bırakılır. Kapiler yapının iç basıncının yükselmesiyle gevşemeye başlayan üründe dıştan içe yoğun sıvı akışı meydana gelir (Yılmaz ve Ersus Bilek, 2017; Panarese ve ark., 2013).



Şekil 2. Gıdaların vakum impregnasyonunda deformasyon ve gevşeme

İşlem Parametrelerinin Etkileri

Basınç değişimleri sadece gaz veya sıvı akışına değil aynı zamanda katı matriks deformasyonu ve gevşemesine de sebep olduğu için VI işlemi biyolojik malzemenin mekanik özelliklerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Özellikle gıda sektöründe işlem verimliliğini ve gıda maddesinin kalitesini etkileyen faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Çeşitli çalışmalarda işlem veriminin ürünün özellikleri kadar uygulanan vakumun basıncı, süresi, daldırılan sıvının konsantrasyonu, ortam sıcaklığı gibi faktörlere de bağlı olduğu belirtilmiştir (Sulistyawati ve ark., 2018, Lima ve ark., 2016).

Yüzey alanı ve yüzey kalınlığı kütle transfer hızını etkilemektedir. Dolayısıyla VI uygulanacak meyve ve sebzelerin hazırlanmasında amaca yönelik işlemler önem teşkil etmektedir. Çeşitli çalışmalarda ham madde özelliklerinin en az ürününün hücre morfolojisi, hücrelerarası kuvvetleri ve gözenek çapları kadar etkili olduğu vurgulanmaktadır (Panarese ve ark., 2013). Gras ve ark. (2003) impregnasyon oranının sadece iç gaz veya serbest sıvının değişimine değil dokunun yapısal ve mekanik özelliklerine de bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Meyve ve sebzelerin aynı çeşit ve türleri kullanıldığında dahi farklılıklar gözlenebilmektedir. Ürünün hasat olgunluğu,

yetiştirdiği coğrafya, iklim ve türü gibi birçok faktörden kaynaklanabilmektedir (Yılmaz ve Ersus Bilek, 2017).

İmpregnasyon oranını hücrelerarası boşluk belirlemektedir. Farklı meyve ve sebzeler yapıcı farklılık gösterdiği için VI işlemine uygunluklarının incelenmesi ve optimum işlem koşullarının belirlenmesi başarılı bir işlem için gereklidir. Özellikle vakum basıncı, vakum süresi ve vakum sonrası restorasyon süresi gibi vakum parametrelerinin aktarılan madde miktarı, ürün hücre yapısı ve ürünün fiziksel ve kimyasal kalite özellikleri üzerinde oldukça etkili olduğu birçok çalışmada vurgulanmaktadır (Panarese ve ark., 2013). Literatür incelendiğinde vakum basıncının genellikle 100–650mmHg basınç aralığında, vakum süresinin 1–10dak ve vakum sonrası restorasyon süresinin de 5–30dak aralığında seçildiği görülmektedir. Bazı çalışmalarda farklı işleme süresi aralıklarının seçildiğine rastlanılmaktadır. Örneğin, restorasyon süresinin kabak dilimlerinin maltodekstrinler, tuz ve kalsiyum klorür ile zenginleştirilmesinde 40dak, patates diliminin askorbik asit ile zenginleştirilmesinde ise 180dak olarak kullanıldığı görülmüştür. (Occohino ve ark., 2011; (Panarese ve ark., 2013; Yılmaz ve Ersus Bilek, 2017).

Ozmotik dehidrasyonda olduğu gibi VI işleminde de çözeltinin konsantrasyonu, vizkozitesi ve sıcaklığı işlemin verimliliğini etkileyen faktörlerdendir. İzotonik çözeltide hücrede değişim gözlenmezken hipotonik çözeltide suyun hücre içine girmesi ile hücrede şişme görülür. Hipertonik çözeltide ise hücre su kaybederek büzülür. Ozmotik dehidrasyon işlemlerinde hipertonik çözeltiler kullanılırken zenginleştirme işlemlerinde gıda maddesinden impregnasyon çözeltisine geçişin sınırlandırılması için izotonik çözeltiler tercih edilmektedir. Sıcaklığın kütle transfer kinetiğini etkilediği bilinmektedir. İmpregnasyon çözeltisindeki sıcaklık artışı aynı zamanda çözeltinin viskozitesini düşürdüğünden sıcaklığın kütle transferine etkisi olduğu, karıştırma işleminin ise türbülent akış oluşturması nedeniyle her iki fazla kütle transferinin arttığı bildirilmektedir (Yılmaz ve Ersus Bilek, 2017).

Örnek Vakum İmpregnasyon Uygulamaları

Konuya ilişkin çarpıcı bir örnek özel tüketici gruplarını ve tavsiye edilen günlük mineral tüketim miktarını baz alarak meyve ve sebze dokularına demir, potasyum, kalsiyum gibi minerallerin aktarıldığı çalışmalardır. Junqueira ve ark. (2017) patlıcan dilimlerindeki sodyumun potasyum ve kalsiyum klorürlerle kısmen değiştirilmesi için vakumlu osmotik dehidrasyon uygulamıştır. Çalışma sonunda artan potasyum ve kalsiyum içeriğinin iyon ve askorbik asit tutulmasına yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla patlıcan örneklerinden besinsel, fiziksel veya kütle transfer parametreleri olumsuz etkilenmeden sağlıklı bir zengin ürün elde edilmiştir. Erihemu ve ark., (2014) patateslerin demirle zenginleştirilmesi için VI işlemini kullanmıştır. Vakum basıncının 1000Pa, vakum süresinin 0–120dak ve restorasyon süresinin 0–4saat olarak belirtildiği çalışmada, VI işlemi uygulanan patateslerde VI uygulanmayan kontrol grubuna kıyasla 6 kat daha fazla demir içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Ananas dilimlerinde sükröz, kalsiyum ve askorbik asit impregnasyonu yapılan bir başka çalışma ise Silva ve ark. (2014) tarafından yapılmıştır. Ozmotik çözeltilerde sukroz, kalsiyum laktat ve askorbik asit konsantrasyonunun su kaybına sebep olurken sukroz, kalsiyum ve C vitamini kazanımlarına etkisini gösteren eşitlikler bulunmuştur.

Literatür incelendiğinde taze meyve ve sebzelerin yanı sıra atıştırmalıklar üzerinde de zenginleştirme çalışmalarının yapıldığı görülmektedir. Lima ve ark., (2016) VI işlemini

kalsiyum takviyeli ananas çerezleri üretmek için kullanılmıştır. Kalsiyum klorür solüsyonu içine daldırılmış taze ananas dilimlerine 20 dak atmosferik basınç, 10 dak vakum (13.33 kPa), 10 restorasyon ve devamında vakum darbelerinin (6.70 kPa) uygulandığı işlemde örneklerin son üründe kalsiyum içeriklerinin %91 arttığı belirlenmiştir. Ayrıca kurutma işleminin de uygulandığı çalışmada VI işleminin kurutma prosesini hızlandırdığı kaydedilmiştir.

Tüketime hazır gıdalarda zenginleştirme sadece raf ömrünü uzatmak için değil probiyotik ve fenolik maddeler gibi ürünlerle besin değerini artırmaya da yönelik olmuştur. Noorbakhsh ve ark., (2013) probiyotikle zenginleştirilmiş elma dilimleri üzerinde raf ömrünün etkisini araştırmıştır. VI işlemi ile birlikte hava kurutmanın da uygulanmış, elma dilimlerinin duyuşal özelliklerinin 25°C'de 30 gün ve 4°C'de 180 gün boyunca kabul edilebilir seviyenin üzerinde kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca kurutulmuş elma dilimlerinin asidik mide suyundaki hücrelere belirgin bir koruma sağlayabildiğini belirlenmiştir. Moreira ve Almohaimeed (2018) tarafından kırmızı pancar suyuna daldırılmış patateslerin fenolik bileşenler bakımından zenginleştirilmesi işlemi yapılmıştır. 10 dak 600mm Hg vakum basıncı ve 60 dak restorasyon süresi olarak uygulanan VI işlemi sonunda zenginleştirme işleminin ürünün doku, renk, yağ içeriği ve lezzet özelliklerinin korunmasında etkili olduğu bildirilmiştir. Castagnini ve ark. (2015) ise elma dilimlerine ön işlem olarak VI ile yaban mersini suyunu aktardıktan sonra konvektif ve dondurarak kurutma uygulayıp atıştırmalık ürün üretmişlerdir. Farklı sıcaklıklarda konvektif kurutma işleminin (30, 40 ve 50°C) ve dondurarak kurutma işleminin karşılaştırıldığı çalışmada ürünlerin antosiyanin, fenolik madde ve antioksidan kapasiteleri dikkate alınmıştır. Çalışma sonunda en uygun yöntemin dondurarak kurutma ya da 40°C'de konvektif kurutma olduğu bildirilmiştir.

VI işlemi sadece zenginleştirme değil yeni ürün geliştirme alanında da tercih edilebilmektedir. Karpuz kabuğunu antosiyanin ile zenginleştirilerek karpuz şekeri elde eden çalışma Bellary ve ark. (2016) tarafından yapılmıştır. Geliştirilen üründe antosiyanin aktarımı sonikasyon gibi ön işlem uygulanmasıyla artırılmıştır. Son ürünün kabul edilebilir bir dokuya, tada ve görünüşe sahip olmasının yanı sıra ortam şartlarında 90 güne kadar raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir.

Literatürde ön işlem ya da kombine uygulamanın VI işleminin etkinliğini artırdığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle ohmik ısıtma ve ultrases teknolojilerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Bellary ve Rastogi (2014) muz dilimlerine kurkumin renk maddesinin aktarılması için VI işleminde restorasyon süresince ultrasesin uygulanmasını incelemiştir. Çalışmada ultrases kullanımının kurkumin aktarımını artırdığı, toplam renk farkı değerini yükselttiği ve örneklerin dehidrasyonunda kurkuminin daha çok korunduğu rapor edilmiştir. Moreno ve ark. (2016) atıştırmalık elma dilimlerinin ozmotik dehidrasyonu aşamasında VI işlemiyle eşzamanlı olarak ohmik ısıtmanın kurutmaya etkisini incelemiştir. Çalışmada kontrol, VI, VI/Ohmik ısıtma işlemleri uygulanmış son üründe folik asit, doku ve rengin kinetik impregnasyonu değerlendirilmiştir. Atıştırmalıklarda istenen sertliğin olumlu yönde etkilendiği ve son üründe yüksek oranda folik asit bulunduğu rapor edilmiştir. Yılmaz ve Ersus Bilek (2018) ise çalışmalarında elma dokuları üzerinde kalsiyum laktat füzyonunu artırmak ve siyah havuçtaki fenoliklerin ürün içine daha hızlı aktarılması sağlamak için ultrasesin VI işlemi ile eş zamanlı etkisini değerlendirmiştir. Çalışma sonunda VI/Ultrases eşzamanlı uygulanmasının hücresel bütünlüğü bozmadığı ayrıca kalsiyum içeriğinde (%13.8), toplam fenoliklerde (%11.8), toplam

flavonoidlerde (%17.3), toplam antosiyaninlerde (%24.6) ve antioksidan kapasitelerinde (%23.6) artışa sebep olduğu belirlenmiştir.

SONUÇ

Vakum impregnasyon gıda sektöründe işletme maliyetini azaltması ve tüketici ihtiyaçlarına yönelik ürün sağlaması sebebiyle araştırma konusu olmuştur. Çalışmada son yıllarda popüleritesi artan vakum impregnasyon hakkında temel ve güncel bilgilere yer verilmiştir. Vakum impregnasyonun tek başına bir işleme tekniği olmasından ziyade çeşitli teknolojilerle birlikte uygulandığında işlem etkinliğinin arttığı belirlenmiştir. Vakum impregnasyon işleminin gıdalara çeşitli maddelerin aktarılmasıyla endüstride yeniliklere yol açabileceği sonucuna varılmıştır. Özel tüketici grupları da göz önünde bulundurulduğu takdirde pek çok ürün geniş yelpazede kullanım alanı bulacaktır.

KAYNAKLAR

- Bellary, A.N. & Rastogi, N.K. (2014). Effect of selected pretreatments on impregnation of curcuminoids and their influence on physico-chemical properties of raw banana slices, *Food and Bioprocess Technology*, 7(10): 2803-2812.
- Bellary, A.N. Indiramma, A.R. Prakash, M., Baskaran, R., Rastogi, N.K. (2016). Anthocyanin infused watermelon rind and its stability during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 554-562.
- Castagnini, J.M. Betoret, N. Betoret, E. Fito P. (2015). Vacuum impregnation and air drying temperature effect on individual anthocyanins and antiradical capacity of blueberry juice included into an apple matrix, *LWT Food Science Technology*, 64 1289-1296.
- Erihemu, K. Hironaka, Y. Oda, H. (2014). Koaze. Iron enrichment of whole potato tuber by vacuum impregnation *LWT Food Science and Technology*, 59(1), 504-509.
- Gras, M., Vidal, D., Betoret, N., Chiralt, A., Fito, P. (2003). Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation: Interactions with cellular matrix. *Journal of Food Engineering* 56(2): 279-284.
- Junqueira, J.R.J., Corrêa, J.L.G., Mendonça, K.S., Resende, N.S., Boas E.V.D.V. (2017). Influence of sodium replacement and vacuum pulse on the osmotic dehydration of eggplant slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 10-18.
- Lima, M.M., Tribuzi, G., Souza, J. A. R., Souza, I.G., Laurindo, J.B., Carciofi. B.A.M. (2016). Vacuum impregnation and drying of calcium-fortified pineapple snacks *LWT-Food Science and Technology*, 72, 501-509.
- Moreira, R.G. Almohaimeed S. (2018). Technology for processing of potato chips impregnated with red rootbeet phenolic compounds, *Journal Food Engineering*, 228, 57-68.
- Moreno J., Espinoza C., Simpson, R. Petzold, G. Nunez, H. Gianelli M. P. (2016). Application of ohmic heating/vacuum impregnation treatments and air drying to develop an apple snack enriched in folic acid, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 381-386.
- Noorbakhsh, R., Yaghmaee, P. (2013). Tim Durance. Radiant energy under vacuum (REV) technology: A novel approach for producing probiotic enriched apple snacks, *Journal of Functional Foods*, 5(3): 1049-1056.

- Occhino, E., Hernando, I., Llorca, E., Neri, L., Pittia, P. (2011). Effect of Vacuum Impregnation Treatments to Improve Quality and Texture of Zucchini (*Cucurbita Pepo*, L), *Procedia Food Science*, 1, 829-835.
- Panarese, V., Dejmek, P. Rocculi, P. & Galindo, F. G. (2013). Microscopic studies providing insight into the mechanisms of mass transfer in vacuum impregnation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 18, 169-176.
- Silva, K.S. Fernandes, M.A. Mauro M.A. (2014). Osmotic dehydration of pineapple with impregnation of sucrose, calcium, and ascorbic acid. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 385-397.
- Statista, (2018). Revenue generated by the functional food market worldwide in 2017 and 2022 (in billion U.S. dollars), URL: <https://www.statista.com/statistics/252803/global-functional-food-sales/> (Erişim tarihi: 09.10.2018).
- Sulistyawati, I., Dekker, M., Fogliano, V. & Verkerk, R. (2018). Osmotic dehydration of mango: Effect of vacuum impregnation, high pressure, pectin methylesterase and ripeness on quality, *LWT Food Science and Technology*, 98, 179-186.
- Tappi, S., Tylewicz, U., Romani, S. Rosa, M.D., Rizzi, F., Rocculi, P. (2017). Study on the quality and stability of minimally processed apples impregnated with green tea polyphenols during storage, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39, 148-155.
- Yılmaz, F.M. & Ersus Bilek, S. (2018) Ultrasound-assisted vacuum impregnation on the fortification of fresh-cut apple with calcium and black carrot phenolics, *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 509-516.
- Yılmaz, F.M. & Ersus Bilek, S., (2017). Vakumlu Emdirim (İmpregnasyon) Teknolojisinin Fonksiyonel Meyve ve Sebze Ürünlerinin Geliřtirilmesinde Kullanımı, *Akademik Gıda*, 15(2) 163-171.

A PERSPECTIVE OF THE UTILIZATION OF ACTIVATED CARBON BASED FROM LIGNOCELLULOSIC BIOMASS SOURCES

Günnur KOÇAR
Ege University
gunnur.kocar@ege.edu.tr

Ahmet ERYAŞAR
Ege University
ahmet.eryasar@ege.edu.tr

Elif GÖDEKMERDAN
Ege University
elifgodekmerdan@gmail.com

Sevim ÖZGÜL
Ege University
sevimosgul88@gmail.com

ABSTRACT: Activated carbon is a porous material which has extensive surface area, high surface reactivity and pore size distribution. Lignocellulosic biomass is a suitable precursor as energy source to produce activated carbons for various utilizations. In this study, common applications of activated carbons from lignocellulosic biomass are discussed. The utilizations of activated carbons in adsorption of heavy metals, dyes, volatile organic compounds, gas storage and electrochemical capacitors is also included. The effect of carbonization and activation parameters such as temperature and activating agent on properties of activated carbon were reviewed. Finally, this study revealed that activated carbons could solve environmental pollution, gas storage and eco-friendly material production due to its surface area, pore size, pore volume and surface functional groups.

Key words: Activated carbon, lignocellulosic biomass, adsorption.

INTRODUCTION

Biomass and Lignocellulosics as Activated Carbon Precursors

Activated carbon is a common carbon-based material that have significant properties such as high surface area, diverse well-organized macro, meso, and micro-pores and a wide spectrum of chemical functional groups present on the surface of activated carbon make it a versatile material which has numerous applications (Danish and Ahmad, 2018; González-García, 2018). The use of lignocellulosic resources and waste biomass has had an important impulse in last years because of utilizing low cost biomass by transforming it into high quality and value-added products through various post-handling processes (González-García, 2018; Tang et al. 2018). Selection of the precursor for the development of low-cost activated carbons depends upon several

factors. The precursor should be preferable freely available, inexpensive, and nonhazardous for nature. Furthermore, for good development of the surface, structural and textural characteristics, high contents of fixed carbon and low amount of ash are desirable (González-García, 2018).

Low-cost, quite abundance, renewability, and high lignocellulosic content of agricultural biomass make them promising precursors for cost-effective activated carbons (Ahmed, 2016). The activated carbon fabrication from lignocellulosic biomass has many advantages: many parts of plants can be used such as the core, stems, shells, peels, flowers, fruits, seeds, stones, husks and leaves; it helps to decreasing costs of waste disposal and it contributes to pollution control strategy (González-García, 2018). Also, due to its high surface area, well-developed porous structure, and favorable surface properties, high physicochemical-stability, and excellent surface reactivity, activated carbon has various applications (Tan et al. 2017) such as; adsorbents of heavy metals (Ahmed, 2016), synthetic dyes from water and air, electrodes, catalysts, fertilizers, liming and neutralizing agents (González-García, 2018). The traditional activated carbon is produced from wood, coal, petroleum residues, peat, lignite and polymers, which are very expensive and non-renewable. Therefore, many researchers have been focusing on cost-effective methods and sustainable alternative precursors (rice husk, corn straw, bagasse etc.) and the economic feasibility of large scale activated carbon production (Tan et al. 2017). Due to the continuous awareness towards environmental and energy issues, the worldwide demand for activated carbon is expected to grow over 12% by 2019, and also activated carbon can play a key role, while the global AC market is forecasted to record revenues of up to 4.9 billion \$ by 2021 according to recent reports (Kostoglou et al. 2017).

Preparation Methods of Lignocellulosic Biomass Activated Carbon

Direct carbonization

Carbonization and activation are two basic steps to produce activated carbons derived from lignocellulosic biomass. The carbonization of lignocellulosic biomass is carried out to produce a solid known as char ranging from 400 °C to 850 °C under an inert atmosphere (Abioye and Ani, 2015). Temperature, heating rate and residence time has the most significant effect in carbonization process. Higher carbonization temperatures such as 600–700°C leads to reduce yield of char while increasing the yield of liquid and gases (González-García, 2018). The process provide volatiles are removed from lignocellulosic biomass and then carbon atoms are regulated to generate stacks of flat aromatic matrix. Thus, different carbonaceous structures and better quality char take place during carbonization (Ravenni et al. 2018).

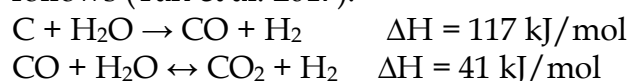
Chemical activation

In the chemical activation process, acid activating agents such as HCl, HNO₃, H₂SO₄, base activating agents such as KOH, NaOH, K₂CO₃ and oxidant such as H₂O₂ and KMnO₄ are commonly used (Tan et al., 2017). The activation step is significant due to improvement of porous structure, the pore volume and surface area of activated carbon. Activated carbon has 4-50 times more specific surface area than carbonized lignocellulosic biomass. The properties of lignocellulosic biomass are influenced physical and chemical properties the activated carbon depending on the activation method6 (Tang et al. 2018). Compared with physical activation, chemical activation

has operating conditions such as a single treatment stage, lower temperature and shorter operating time as well as higher yield (Ahmed, 2016).

Physical activation

Carbonized lignocellulosic biomass is entreated a high oxidizing agent such as CO₂, water steam, O₂ at a temperature range of 600°C – 900 °C in a physical activation process (Abioye and Ani, 2015). Steam activation as biomass activation method is generally used and can be produced high porosity activated carbon from carbonized lignocellulosic biomass. The chemical reactions of steam activation are given as follows (Tan et al. 2017):



The Most Common Applications of Lignocellulosic -Derived Activated Carbons

Activated carbon has been used as a versatile adsorbent against a wide range of water-soluble and gaseous pollutants. To removal of undesirable taste, odor, color, and other inorganic and organic impurities from water, soil and air, the activated carbon can use as an extensive adsorbent (Danish and Ahmad, 2018). The reasons for the use of activated carbons as adsorbent is that the versatility of high surface area, porous structure and adsorption capacity (Ahmed, 2016). The precursor as well as the method of activation are directly linked with the physical and chemical properties of activated carbons. These properties considerably influence its adsorptive properties. Activated carbons can be used as an excellent adsorbent against various toxicants such as; the removal of ingested toxins from the human body; for the bacterial infections in certain ailments. It can be used extensively for the removal of inorganic and organic water-soluble chemical pollutants from municipal and industrial (food processing, chemical manufacturing, pharmaceutical, paper, and cosmetic industries) wastewater. Also, activated carbons application have been proposed as a possible strategy for climate change mitigation. They are renowned for their applications in air pollution control, manufacturing industry, food processing industries, chemical industries, automobile pollution control devices and in a variety of other gas-phase applications (Danish and Ahmad, 2018).

Dyes removal

Dyes are organic compounds considered particularly dangerous for the environment. The applications of dyes are common in food, cosmetics, pharmaceutical, rubber, textiles, plastics, paper, and leather industries (Danish and Ahmad, 2018). It was estimated that there are around of 10,000 commercial dyes and over 7×10^5 tons are worldwide produced annually. Most of them are not biodegradable (González-García, 2018). Due to their toxicity and carcinogenicity, it is essential to reduce the concentration of dye in water and wastewater to the minimum possible level which is accepted by the health and environmental laws of the various countries. Danish and Ahmad, 2018; Ahmed, 2016). Conventional removal techniques of dyes are Fenton-oxidation, photodegradation, microbiological decolouration and adsorption on various materials. Among removal techniques, the adsorption method which using activated carbon is inexpensive and efficient for dyes removal from wastewaters

(Mahamad et al. 2015) and the surface chemical properties of carbon play a decisive role in adsorption of dyes (González-García, 2018).

Baysal et al. prepared NaOH and KOH treated sunflower pith activated carbon for the removal of methylene blue. The result shows BET Surface area of the NaOH-activated carbon was calculated as 2690 m²/g and was higher than KOH-activated carbon with 2090 m²/g. Maximum adsorption capacity of NaOH-activated carbon was calculated as 965 mg/g whereas it was 580 mg/g for KOH-activated carbon. It was reported that the sunflower pith is an alternative renewable activated carbon precursor choice for dye removal applications due to its highly porous microstructure, pore volume and wide pore size distribution (Baysal et al. 2018). Sangon et al. studied the adsorption properties of waste rice straw of chemically treated with carbon dioxide, potassium hydroxide and phosphoric acid. The characterization of the activated carbon demonstrated that rice straw pre-carbonization at 400 °C prior to activation using potassium hydroxide at 700 °C, resulted in a material with surface area of 1973 m²/g. The pre-carbonized potassium hydroxide activated carbon was demonstrated to be highly effective at the adsorption of methylene blue (cationic dye) and congo red (anionic dye) with the adsorption capacity of 527.6 and 531.4 mg/g respectively (Sangon et al. 2018). Synthesized activated carbon from Acacia mangium wood by using different activation atmosphere and activating agents was investigated adsorption properties such as surface area, pore volume, yield, and adsorption capacities. It was reported that the Acacia mangium wood was found more reactive towards acidic activating agents and form highly mesoporous large surface area activated carbons. The phosphoric acid treated Acacia mangium wood activated carbons have a largest surface area (BET surface area, 1161.29 m²/g) among synthesized activated carbons and high adsorption capacities and removal efficiency against rhodamine B and methylene blue. The adsorption capacity and removal efficiency of phosphoric acid treated Acacia mangium wood activated carbon against rhodamine B, and methylene blue was found to be 76.6 mg/g, 159.9 mg/g, and 49.5%, 97.31%, respectively (Danish et al., 2018). Gopu et al. used municipal solid waste with CO₂ activation to generate activated carbons for water treatment. The surface areas of CO₂ activated biochars (activated at 600 °C and 900 °C) was found over 300 m²/g, with the lower pyrolysis temperature and higher activation temperature yielding the highest areas. The highest methylene blue adsorption capacity was seen for the sample pyrolyzed at 408 °C and activated under CO₂ at 900 °C, able to adsorb upwards of 320 mg of dye per gram of activated biochar (Gopu et al. 2018).

Heavy metals removal

Heavy metals (e.g., Pb²⁺, Cu²⁺, Cd²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺ and Ni²⁺) are among the most toxic and carcinogenic inorganic pollutants (Oliveira et al. 2017) and they have been considered as a serious environmental and human health hazard because the metal ions do not degrade into harmless end products. The metal ions concentration in ponds, river, and seawater, get accumulated to the bodies of aquatic creatures and finally entering the food chain. Through food, heavy metals tend to accumulate in living organisms above tolerance limit, causing various diseases and disorders (Danish and Ahmad, 2018; Ahmed, 2016). To diminish the negative impact of the heavy metals on the health of human beings, animals and crops, the application of activated carbons for metals removal from aqueous solutions has been widely studied. In the literature review it was found that to affect the adsorption process, the factors are the dose of the

activated carbon, pH and temperature of the solution, adsorption kinetics, initial metal ion concentration (adsorption isotherms), adsorption thermodynamic and the diffusion modeling. Also, it was found that each activated carbons has different adsorption behavior in front of each metallic ion (González-García, 2018). Consequently, activated carbons can be utilized as low-cost adsorbents for the removal of heavy metal cations from water (Qambrani et al. 2017).

Aguayo-Villarreal et al. used the pecan nutshell (*Carya illinoensis*) biomass by using physical and chemical activation methods with different reagents for the adsorption of heavy metal ions such as Zn^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} and Cu^{2+} . The result shows activated carbons produced with combination of physical and chemical activations enhanced heavy metal adsorption. It was reported that NaCl and KCl treated pecan nutshell activated carbon had high surface area and calcium exchange properties than other activated carbons. Metal adsorption capacities on activated carbons was observed between 0.011 and 0.368 mmol/g (Aguayo-Villarrea et al. 2017). Tounsadi et al. studied the effect of carbonization temperature (500–600 °C), activation temperature (400–500 °C), activation time (1–2 h) and impregnation ratio (1.5–2) on activated carbons which activated with phosphoric acid. In this study, optimization of preparation of *Diplotaxis Harra* activated carbon was carried out for the removal of cadmium and cobalt ions. Adsorption of cadmium and cobalt on activated carbons were 31.6 mg/g and 25.9 mg/g respectively. Adsorption capacities of a commercial activated carbon was 0.8 mg/g for cadmium and 21.2 mg/g for cobalt removal. From this observation, it can be concluded that *Diplotaxis Harra* activated carbons was determined as a good precursor in cadmium and cobalt ions removal (Tounsadi et al. 2016). Plum stones were converted into a low-cost activated carbon by thermochemically-modified to remove lead (Pb^{2+}), cadmium (Cd^{2+}), nickel (Ni^{2+}). It was explored that the influence of pH (2–9), adsorbent dosage (0.2–10 g L⁻¹), temperature (295, 305 and 315 K), contact time (5–60 min) and initial metal concentration (5–500 mg L⁻¹) in batch adsorption experiments. Removal of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Ni^{2+} ions by using the Langmuir isotherms was determined as 172.43 mg g⁻¹, 112.74 mg g⁻¹ and 63.74 mg g⁻¹, respectively. Plum stones activated carbon was regenerated in 3 cycles and achieved efficiency of over 90% (Pap et al. 2017). Anirudhan and Sreekumari investigated steam treated activated carbon derived from waste coconut buttons for the removal of heavy metal ions such as Pb(II), Hg(II) and Cu(II). Removal of heavy metals correlated with metal concentration, contact time, pH, ionic strength and carbon dose in batch adsorption experiments. The maximum adsorption of the metal ions on activated carbon was carried out for Hg(II) at pH 7.0, Pb(II) and Cu(II) at the pH 6.0. At 30°C, the adsorption capacity for Pb(II), Hg(II) and Cu(II) was found 92.72 mg/g, 78.84 mg/g, 73.60 mg/g, respectively (Anirudhan and Sreekumari, 2011).

Removal of pesticides

Pesticides and herbicides are two major pollutants agents which are arises as a result of agricultural practices. The excessive utilization of pesticides which are known as hazardous pollutants in surface water and groundwater, is a major threat to human health (Bayat et al. 2018). During the past two decades, environmental concern has arisen that rivers, lakes, and groundwater could be polluted by pesticides. Due to their toxicity and carcinogenicity, pesticides and their degradation products are of potential hazards for aquatic environment. The pesticides contamination in the vegetables and irrigational wastewater has been increased (Ahmed, 2016). The presence of pesticides

and herbicides in water, as well as in soil, pose a serious threat to the ecosystem such as grazing animals and vegetarian population (Danish and Ahmad, 2018). In many countries, for drinking water standards selected pesticides are listed and guidelines are intensively monitored in natural waters (Matsushita et al. 2018). Therefore, for the contemporary researchers, the removal of pesticides from potable water, irrigational water, vegetables, and cereals are the major challenge. To tackle this problem, one of the most practical and the best available procedure for removal of pesticides, despite of various methods, is that adsorption on activated carbon (Bayat et al. 2018).

Vukčević et al. investigated production parameters of carbonized hemp fibers which were chemically activated using KOH as an activating agent for pesticide adsorption. The experimental data analyses revealed that the amount of specific surface area and the surface oxygen groups was enhanced due to the increase in carbonization and activation temperature. The highest yield of pesticides removal was carried out at 900 °C with KOH/carbonized material ratio of 2/130 (Vukcevic et al. 2014). Ioannidou et al. studied removal of a pesticide by using activated carbon generated from agricultural residues such as corn cob, olive kernels, soya stalks and rapeseed stalks. Carbonized agricultural residues were activated with steam. Produced activated carbons was used for removal of an acaricide, Bromopropylate, from water. The highest adsorption capacity for Bromopropylate was achieved activated carbon from corn cob while the lowest adsorption capacity was obtained rapeseed stalks activated carbon due to its low specific surface area. It was reported that removal of Bromopropylate from water was achieved about 90 % for all activated carbons (Ioannidou et al. 2010). Adsorption of herbicide Diuron by using the African Baobab residues derived activated carbons was reported. The activated carbons were produced by physical activation with carbon dioxide. It was reported that surface area and pore volume was achieved up to 2130m²g⁻¹ and 0.99cm³g⁻¹, respectively. The maximum adsorption capacity of herbicide Diuron reached 400 mg g⁻¹ for sample BS-6232 (Tchikuala et al. 2017).

Electrochemical double layer capacitors (EDLC)

Electric double layer capacitors (EDLCs) are devices which have attracted a lot of scientific and technological attention during last decade, that can store energy through the adsorption and desorption of electrolyte ions on the surface of polarized electrodes (Mori et al. 2018). Due to its high power density, long cycle life, and quick charge/discharge capability, EDLCs, an energy storage device, has received attention to harvest energy (Qian et al. 2015). However, their energy densities are much lower than those of secondary batteries. One of the solutions to improve the energy density of EDLCs is that carbons as electrode materials (Mori et al. 2018). The performance of the EDLC is related with the porous network (Tan et al. 2017). Carbon material with high surface area and rich porous structure are the primary raw materials for EDLC (Qian et al. 2015). Activated carbons have also been used in energy storage fields. Some characteristics of activated carbons such as the surface area and porous structure of the carbon materials are the most significant features that affect the performance of the EDLC (González-García, 2018). In addition, due to reusability and stability of carbon matrix under a wide range of potentials, activated carbons are promising for future production and application in energy storage (Tan et al. 2017).

Activated carbon material was directly made from *Eucommia ulmoides* Oliver (EUO) wood through hydrothermal pretreatment at 150, 160 and 170 °C for 1.0 h, and 170, 180, 190 and 200 °C for 0.5 h, respectively. Afterward, obtained product was activated via impregnation of the carbonized material with phosphoric acid. When increase of HTP temperature from 150 to 170 °C led to increase in the specific surface area from 1272.38 to 1534.06 m² g⁻¹. The specific surface area decreased to 1284.69 m² g⁻¹ at 200 °C. The high specific capacitance of activated carbon was obtained 185 F/g (Sun et al. 2018). Jain et al. used Coconut shell to obtain hydrochar-derived activated carbons for supercapacitor applications. It was reported that BET and mesopore areas was 2440 m² g⁻¹ and 1121 m² g⁻¹, respectively. The energy density was determined as a high value of 7.6 W h kg⁻¹ at a power density of 4.5 kW kg⁻¹ (Jain et al. 2015). Takeuchi et al. studied carbonization and NaOH/KOH-activation process of polysaccharides for the electrode of electric double layer capacitors. The capacitance and rate performance for NaOH treated activated carbon was reported as 46.1 F/g and 26.4 F/cm³ at 600 °C. NaOH was determined suitable as activated agent (Takeuchi et al. 2018). Inal et al. produced activated carbons derived from raw and acid washed cumin plants for generation of carbon electrodes. The raw cumin plants treated using chemical activation agent such as HCl and HF to remove minerals. Compared with cumin plants activated carbon (1361 m²/g), the surface areas of washed activated carbons with HCl were 1468 m²/g while the surface areas of washed activated carbons with HF were 1472 m²/g. The specific capacitances of HCl and HF washed activated carbon electrodes were 127 F/g and 155 F/g at current density of 1.5 mA/cm², compared with the cumin plants activated carbon electrodes (117 F/g) (Inal et al. 2018).

Gas adsorption/storage

Due to the climate change and health hazards, it is urgently needed to reduce the toxic and greenhouse gases released from the industries through capture and storage of gases (Sawant et al. 2017). Also, depending on air pollutants type, concentration, and exposure duration, it causes the adverse acute or chronic impacts on human health (Cha et al. 2016). The separation of CO₂ and CO; the reducing of CO₂, NO₂, CH₄ and chlorofluorocarbon emissions is a very important task to minimize their environmental hazards and to provide the reuse of these gases as feedstocks for a different process (González-García, 2018). To success this task, easily reusable and durable adsorbent with a high adsorption capacity can be used. For the separation of gases various materials such as zeolite, metal organic framework, synthetic clay, and carbon nanomaterials have been studied as an adsorbent material. One of the promising material for gas adsorption and separation processes is activated carbon (Sawant et al. 2017) because of it can be obtained at low cost from a renewable and globally available lignocellulosic biomass and the surface chemistry of activated carbon can strongly affect the adsorption capacity with highly micro-porous, high packing densities and specific surface area (González-García, 2018).

Bader and Ouederni prepared KOH treated olive pomace activated carbon for H₂ storage application. KOH/precursor weight ratio of activated carbons ranged from 1:1 to 5:1 to achieve hydrogen storage capacity. The high H₂ pressures led to an increase in the surface area which enhanced H₂ sorption capacity. It was reported that the capacity of optimal activated carbon was observed 6 wt% and 1.22 wt% at -196 °C and 25 °C, respectively. The highest apparent surface area was obtained as 1269 m² g⁻¹. Total micropore volume was determined as 0.48 cm³ g⁻¹ for N₂ adsorption isotherms and 0.40 cm³ g⁻¹ for CO₂ adsorption isotherms (Bader and Ouederni, 2016). Ramesh et

al used tamarind seeds to produce activated carbons for hydrogen storage. Activated carbons derived from tamarind seeds were activated by using thermal, microwave and chemical KOH activation treatment. It was reported that the carbonization temperature and concentration of KOH influenced increasing of the surface area, micropore volume and pore size. It was observed that a high surface area activated carbon of $1785 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, micropore volume of $0.94 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ and pore size of around 0.8–1.1 nm was obtained. The hydrogen storage capacity of KOH treated activated carbon was found to increase from 0.54 wt% to 4.73 wt%. (Ramesh et al. 2015). Cruz Jr et al. produced activated carbon by microwave-assisted hydrothermal carbonization from Amazonian fruit waste combined with CO_2 as activating agent for methane storage. The highest surface area yields and micropore volume of CO_2 treated activated carbon was reported as $1100 \text{ m}^2/\text{g}$ and $0.45 \text{ cm}^3/\text{g}$, respectively. The methane storage capacity of microporous activated carbon was obtained 140 V/V at 25°C and 4 MPa (Cruz Jr et al. 2016). Nowrouzi et al. studied the adsorption capacity of CO_2 and the economic analysis of produced activated carbons derived from Persian Ironwood biomass. The effect of different carbonization temperatures and impregnation ratios of activation agents such as KOH and H_3PO_4 on activated carbons was examined by different analyses. For KH-8-3 sample, the highest surface area of $1100 \text{ m}^2/\text{g}$, CO_2 adsorption of 5.05 mmol/g and micropore volume percentage about 98% at 1 bar and 303 K was reported. The capital costs were determined as US \$1.65 for H_3PO_4 treated activated carbon and \$1.58 KOH treated activated carbon per kg (Nowrouzi et al. 2017).

CONCLUSION

This review presents a summary of activation of lignocellulosic biomass, the effects of activation variables and the multiple applications of resultant activated carbon. It was also reviewed that the yield and porous structure of activated carbons were related to activation variables (time, temperature, impregnation ratio, and activating agent) The activated carbons have some advantages such as abundance, applicable physical/chemical properties, and ease of processability make it suitable to be employed as cost-effective and environmentally-friendly material. The application of activated carbon is various and the review included the application of activated carbons for adsorptive removal of pollutants such as, dyes, pesticides, and heavy metals and also included the air pollution control for example CO_2 capture, energy storage. It is possible to suggest that research in activated carbon will continue growing along the years, based on the statistics literature review. The key factor for this continuous growth will be that activated carbons with ecofriendly, low-cost and specific characteristics such as high surface area and controllable oxygen functionalities (for higher gas storage capacities and better performance of the actual electrochemical capacitors) Also, the activated carbon research would add value to wood waste and waste management issue, carbon fixing, greenhouse gas problems and help to decrease the cost of waste disposal.

REFERENCES

Abioye, A.M. and Ani, F.N. (2015). Recent development in the production of activated carbon electrodes

from agricultural waste biomass for supercapacitors: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1282-1293.

Aguayo-Villarrea, I.A., Bonilla-Petriciolet, A. and Muñiz-Valencia, R. (2017). Preparation of activated carbons from pecan nutshell and their application in the antagonistic adsorption of heavy metal ions, *Journal of Molecular Liquids*, 230, 686-695.

Ahmed, M.J. (2016). Preparation of activated carbons from date (*Phoenix dactylifera* L.) palm stones and application for wastewater treatments: Review, *Process Safety and Environmental Protection*, 102, 168-182.

Alhashimi, H.A. and Aktas, C.B. (2017). Life cycle environmental and economic performance of biochar

compared with activated carbon: A meta-analysis, *Resources, Conservation and Recycling*, 118, 13-26.

An, G.H., Lee, D.Y. and Ahn, H.J. (2018). Hierarchically mesoporous activated carbon prepared from the dissolution of zinc oxide for high-rate electrical double layer capacitors, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 65, 423-428.

Anirudhan, T.S. and Sreekumari, S.S. (2011). Adsorptive removal of heavy metal ions from industrial effluents using activated carbon derived from waste coconut buttons, *Journal of Environmental Sciences*, 23, 1989-1998.

Bayat, M., Alighardashi, A. and Sadeghasadi, A. (2018). Fixed-bed column and batch reactors performance in removal of diazinon pesticide from aqueous solutions by using walnut shell-modified activated carbon, *Environmental Technology & Innovation*, 12, 148-159.

Baysal, M., Bilge, K., Yılmaz, B., Papila, M. and Yürüm, Y. (2018). Preparation of high surface area activated carbon from waste-biomass of sunflower piths: Kinetics and equilibrium studies on the dye removal, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 1702-1713.

Bader, N. and Ouederni, A. (2016). Optimization of biomass-based carbon materials for hydrogen storage, *Journal of Energy Storage*, 5, 77-84.

Bispo, M.D., Schneider, J.K., Oliveira, D.S., Tomasin, D., Silva Macie, G.P., Schena, T., Onorevoli, B., Bjerk, T.R., Jacques, R.A., Krause, L.C. and Caramão, E.B. (2018). Production of activated biochar from coconut fiber for the removal of organic compounds from phenolic, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 2743-2750.

Cha, J.S., Park, S.H., Jung, S.C., Ryu, C., Jeon, J.K., Shin, M.C. and Park, Y.K. (2016). Production and utilization of biochar: A review, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 40, 1-15.

Cruz Jr, O.F., Silvestre-Albero, J., Casco, M.E., Hotza, D. and Rambo, C.R. (2016). Activated nanocarbons produced by microwave-assisted hydrothermal carbonization of Amazonian fruit waste for methane storage, *Materials Chemistry and Physics*, 216, 42-46.

Danish, M. and Ahmad, T. (2018). A review on utilization of wood biomass as a sustainable precursor for

activated carbon production and application. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 87, 1-21.

Danish, M., Ahmad, T., Hashim, R., Said, N., Akhtar, M.N., Saleh, J.M. and Sulaiman, O. (2018). Comparison of surface properties of wood biomass activated carbons and their application against rhodamine B and methylene blue dye, *Surfaces and Interfaces*, 11, 1-13.

González-García, P. (2018). Activated carbon from lignocellulosics precursors: A review of the synthesis

methods, characterization techniques and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1393-1414.

Gopu, C., Gao, L., Volpe, M., Fiori, L. and Goldfarb, J.L. (2018). Valorizing municipal solid waste: Waste to energy and activated carbons for water treatment via pyrolysis, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 133, 48-58.

Inal I.I.G., Holmes S.M., Yagmur E., Ermumcu N., Banford A. and Aktas Z. (2018). The supercapacitor performance of hierarchical porous activated carbon electrodes synthesised from demineralised (waste) cumin plant by microwave pretreatment, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 61, 124-132.

Ioannidou, O.A., Zabaniotou, A.A., Stavropoulos, G.G., Islam, M.A. and Albanis, T.A. (2010). Preparation of activated carbons from agricultural residues for pesticide adsorption, *Chemosphere*, 80, 1328-1336.

Jain A., Xu C., Jayaraman S., Balasubramanian R., Lee J.Y. and Srinivasan M.P. (2015). Mesoporous activated carbons with enhanced porosity by optimal hydrothermal pretreatment of biomass for supercapacitor applications, *Microporous and Mesoporous Materials*, 218, 55-61.

Kostoglou, N., Koczwar, C., Prehal, C., Terziyska, V., Babic, B., Matovic, B., Constantinides, G., Tampaxis, C., Charalambopoulou, G., Steriotis, T., Hinder, S., Baker, M., Polychronopoulou, K., Doumanidis, C., Paris, O., Mitterer, C. and Rebholz, C. (2017). Nanoporous activated carbon cloth as a versatile material for hydrogen adsorption, selective gas separation and electrochemical energy storage, *Nano Energy*, 40, 49-64.

Mahamad, M.N. and Zaini, M.A.A. (2015). Preparation and characterization of activated carbon from pineapple waste biomass for dye removal, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 102, 274-280.

Matsushita, T., Morimoto, A., Kuriyama, T., Matsumoto, E., Matsui, Y., Shirasaki, N., Kondo, T., Takanashi, H. and Kameya, T. (2018). Removals of pesticides and pesticide transformation products during drinking water treatment processes and their impact on mutagen formation potential after chlorination, *Water Research*, 138, 67-76.

Mori, T., Iwamura, S., Ogino, I. and Mukai, S.R. (2018). Cost-effective synthesis of activated carbons with high surface areas for electrodes of non-aqueous electric double layer capacitors, *Separation and Purification Technology*, (Article in press)

Nowrouzi, M., Younesi, H. and Bahramifar, N. (2017). High efficient carbon dioxide capture onto as-synthesized activated carbon by chemical activation of Persian Ironwood biomass and the economic pre-feasibility study for scale-up, *Journal of Cleaner Production*, 168, 499-509.

Oliveira, F.R., Patel, A.K., Jaisi, D.P., Adhikari, S. and Lu, H. (2017). Environmental application of biochar: Current status and perspectives, *Bioresource Technology*, 246, 110-122.

Pap, S., Knudsen, T.S., Radonic, J., Maletic, S., Igic, S.M. and Sekulic, M.T. (2017). Utilization of fruit processing industry waste as green activated carbon for the treatment of heavy metals and chlorophenols contaminated water, *Journal of Cleaner Production*, 162, 958-972.

Qambrani, N.A., Rahman, M.M., Won, S. and Shim, S. (2017). Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 255-273.

Qian, K., Kumar, A., Zhang, H., Bellmer, D. and Huhnke, R. (2015). Recent advances in utilization of biochar, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1055-1064.

Ramesh, T., Rajalakshmi, N. and Dhathathreyan, K.S. (2015). Activated carbons derived from tamarind seeds for hydrogen storage, *Journal of Energy Storage*, 4, 89-95.

Ravenni, G., Sárossy, Z., Ahrenfeldt, J. and Henriksen, U.B. (2018). Activity of chars and activated carbons for removal and decomposition of tar model compounds – A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 1044-1056.

Sangon, S., Hunt, A.J., Attard, T.M., Mengchang, P., Ngernyen, Y. and Supanchaiyamat, N. (2018). Valorisation of waste rice straw for the production of highly effective carbon based adsorbents for dyes removal, *Journal of Cleaner Production*, 172, 1128-1139.

Sawant, S.Y., Munusamy, K., Somani, R.S., John, M., Newalkar, B.L. and Bajaj, H.C. (2017). Precursor suitability and pilot scale production of super activated carbon for greenhouse gas adsorption and fuel gas storage, *Chemical Engineering Journal*, 315, 415-425.

Sun G., Qiu L., Zhu M., Kang K. and Guo X. (2018). Activated carbons prepared by hydrothermal pretreatment and chemical activation of *Eucommia ulmoides* wood for supercapacitors application, *Industrial Crops and Products*, 125, 41-49.

Takeuchi K., Fujishige M., Ishida N., Kunieda Y., Kato Y., Tanaka Y., Ochi T., Shirotori H., Uzuhashi Y., Ito S., Oshida K. and Endo M. (2018). High porous bio-nanocarbons prepared by carbonization and NaOH activation of polysaccharides for electrode material of EDLC, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 118, 137-143.

Tan, X.F., Liu, S.B., Liu, Y.G., Zeng, G.M., Hu, X.J., Wang, X., Liu, S.H. and Jiang, L.H. (2017). Biochar as potential sustainable precursors for activated carbon production: Multiple applications in environmental protection and energy storage, *Bioresource Technology*, 227, 359-372.

Tang, Z.E., Lim, S., Pang, Y.L., Ong, H.C. and Lee, K.T. (2018). Synthesis of biomass as heterogeneous catalyst for application in biodiesel production: State of the art and fundamental review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 235-253.

Tchikuala, E., Mourão, P. and Nabais, J. (2017). Valorisation of Natural Fibres from African Baobab Wastes by The Production of Activated Carbons for Adsorption of Diuron, *Procedia Engineering*, 200, 399-407.

Tounsadi, H., Khalidi, A., Abdennouri, M. and Barka, N. (2016). Activated carbon from *Diploptaxis Harra* biomass: Optimization of preparation conditions and heavy metal removal, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 59, 348-358.

Vukcevic, M.M., Kalijadis, A.M., Vasiljevic, T.M., Babic, B.M., Lausevic, Z.V. and Lausevic, M.D. (2014). Production of activated carbon derived from waste hemp (*Cannabis sativa*) fibers and its performance in pesticide adsorption, *Microporous and Mesoporous Materials*, 214, 156-165.

Wang, Y., Pasquier, A.D., Li, D., Atanassova, P., Sawrey, S. and Oljaca, M. (2018). Electrochemical double layer capacitors containing carbon black additives for improved capacitance and cycle life, *Carbon*, 133, 1-5.

EFFECT OF BORON-CONTAINING CEMENT ON SULFATE ATTACK

Nihat ATMACA
University of Gaziantep
atmaca@gantep.edu.tr

İbrahim SOYBAKİŞ
University of Gaziantep
ibrahimsoybakis@hotmail.com

Adem ATMACA
University of Gaziantep
aatmaca@gantep.edu.tr

ABSTRACT: Sulfate attack of cement and concrete is a very serious problem caused by aggressive influence of sulfate solutions from many different sources. The effect of sulfate on concrete is via chemical reactions between hydrated Portland cement and sulfate ions. This effect increases/decreases according to the permeability rate of concrete and the type of cement used in concrete. Pozzolanic additives such as fly ash and blast furnace slag are used together with sulfate resistant cement to increase sulfate resistance of concrete. In this study, a special type concrete was produced with Boron Modified Active Belite (BAB) Cement for the investigation of Boron effect on the sulfate attack. For comparison Portland Cement (CEM I 42.5R) was also utilized. In all mortar mixtures cement: sand ratio and water-cement ratio were kept constant at 1:2.75 and 0.485 by weight. Extension rate and compressive strength of concrete specimens were tried to investigate.

Key words: Boron Modified Active Belite (BAB) Cement, Sulfate Attack, Extension Rate, Compressive Strength

INTRODUCTION

Attack can be defined as: the onset of a corrosive or destructive process (as by a chemical agent): therefore, the series of detrimental effects on hydrated Portland cement caused by sulphates may be summarized by the words sulphate attack. However, certain elements such as temperature, solution concentration, or exposure regimen may influence the outcome of the deterioration process. For this reason, many definitions of the term sulphate attack are used in common literature. In Collepardi's state-of-the-art review (2003) sulphate attack is defined as the: "deterioration of concrete involving any type of sulphate interactions with cement paste independently of the curing temperature and sulphate source" (Collepardi 2003). This broad definition and implied focus on the sulphate ion may be misleading as to the type of attack investigated; whether it can be delayed ettringite formation or external sodium

sulphate attack (Santhanam 2001). The fact that the presence of ettringite may not be a sign of attack is emphasized by Skalny et al. (2002). On the other hand, according to ACI's Guide to Durable Concrete, there are two mechanisms that can be considered to be sulphate attack: formation of gypsum and formation of ettringite (Skalny et al 2002). This leads to questioning whether thaumasite formation can be considered a product of sulphate attack and how the attack process manifests itself (Neville 2004). For instance, should chemical interactions with the cement paste only be considered or can the physical form of the attack, caused by salt crystallization, be deemed sulphate attack as well.

Sulphate Attack Mechanism

The primary manifestations of sulphate attack in cementitious materials visible to the naked eye include spalling, delamination, macro cracking and possibly loss of cohesion. These are the consequences of complex chemical reactions and processes between the components of hydrated cement and sulphate compounds. Adsorption, desorption, dissolution a precipitation and recrystallization are some of the common types of reaction (Skalny et al. 2002). Usually, alumina-bearing phases and calcium hydroxide are more vulnerable to sulphate attack than other elements present in hydrated Portland cement (Ramyar and Inan 2007). A typical instance of sulphate attack may involve some, or even all, of the following physico-chemical processes (Skalny et al. 2002).

- Decomposition of unhydrated components and hydration products;
- Formation of ettringite;
- Formation of gypsum;
- Formation of thaumasite;
- Formation of brucite, magnesium silicate hydrate and hydrous silica;
- Repeated recrystallization of sulphatic salts;
- Penetration into concrete of sulphate anions and subsequent formation;
- Dissolution or removal of calcium hydroxide from the cement paste;
- Complex and continuous change in the ionic composition of the pore liquid phase;
- Adsorption or chemisorption of ionic components present in the pore liquid phase.

Ettringite Formation

Ettringite is categorized in the AFt phase, calcium aluminate trisulphate hydrate, and its formation has been identified as the leading cause of disruption of Portland cement pastes and concretes exposed to sulphates in solution. The resulting expansion may lead to serious deterioration mechanisms, though these are not yet fully understood in spite of the many advanced hypothesis (Collepardi 2003, Ramyar and Inan 2007).

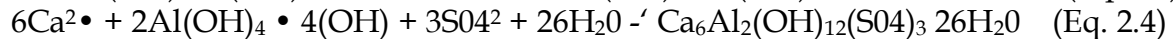
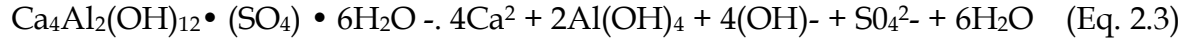
First, for the purpose of clarification, not all ettringite related reactions are disruptive. Early ettringite formation (EEF) occurs within hours of cement-water contact during the plastic stage of cement hydration where ettringite precipitates at the surface of tricalcium aluminate (C_3A) grains in a through-solution reaction with gypsum (Equation 2.1) (Hewlett 2004, Collepardi 2003). With time, this early ettringite is

converted into calcium aluminate monosulphate hydrates, also called the AFm phase, as seen in Equation 2.2 (Hewlett 2004, Prasad et al. 2006).



The early transformation of the calcium aluminate trisulphate, which is distributed throughout the paste, leads to a non-harmful homogeneous expansion of the bulk material. Conversely, later-formed ettringite in localized areas of the rigid paste leads to heterogeneous expansion. Then, cracking and spalling may take place. While the terminology is a subject of debate (Collepardi 2003, Skalny et al. 2002), this is known as delayed ettringite formation (DEF) or secondary ettringite formation, in reference to the previously described mechanisms being primary ettringite formation. Only the later reaction is recognized as being associated with sulphate attack (Collepardi 2003).

During sulphate attack, ettringite is generally formed from components of the monosulphate phase as seen in Equation 2.2. The aluminate necessary to produce ettringite may also come from $Ca_4Al_2O_6H_{38}$, $Ca_3Al_2O_6$, $Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$ or other alumina bearing phases present in hydrated cement (Monteiro 2006). As seen in Equation 2.3 (Monteiro 2006), these compounds (e.g. monosulphate) dissolve primarily in the surrounding aqueous phase. Ettringite may then precipitate from the solution if an additional source of sulphate ions is available, Equation 2.4 (Monteiro 2006).



From Equation 2.4, the calcium ions required to complete the reaction may be obtained from either the surrounding phases, calcium hydroxide for example, or from an external source (Monteiro 2006). This depends on the type of ongoing sulphate attack. One of the known consequences of this monosulphate conversion to trisulphate (also known as ettringite corrosion) is harmful expansion.

Gypsum Formation

As seen in Equation 2.5 (Santhanam et al. 2003) gypsum is the product of the chemical reaction between calcium hydroxide, formed during the cement hydration process, and sulphate ions present in the pore solution. This reaction is often referred as gypsum-corrosion.



The extent of the reaction depends on two factors: the first being the source of sulphate ions (groundwater contaminated by Na_2SO_4 , $MgSO_4$, $FeSO_4$, and $CaSO_4$) and the second being the specific type of Portland cement. Gypsum is primarily found in cracks and voids or as layers near the surface of concrete elements subjected to sulphate attack. However, the effects of gypsum-corrosion on the physical and mechanical properties of hardened concrete are not yet fully determined. Opposing theories are

still under discussion in the literature (Tian and Cohen 2000). According to Hansen and Mather, “the formation of gypsum would not cause an increase in volume If the reaction proceeds by a through-solution mechanism.” (Santhanam et al 2003). “Only when gypsum forms in situ, i.e., topochemically by the sulfation of solid calcium hydroxide, does its formation becomes destructive” (Bonnen and Cohen 1992). According to Hansen’s (1968) calculations, the volume of the gypsum formed would be 74,2 cc if one mole of each reactant were present in the reaction (Eq. 2.5), where calcium hydroxide is made available by dissolution of the walls of the void space and sodium sulphate is already present in the pore solution. Thereafter, the volume filled pore may no longer contain water and hence the reaction ceases causing no measurable expansion of the paste. Nevertheless, a change in crystal structure, from reactant to product, could result in early air void closure. This mechanism might lead to paste expansion (Santhanam et al. 2003).

Santhanam et al. state (2003) that crystal growth pressure and hydraulic pressure are other theories supporting paste expansion caused by gypsum formation. However, they also acknowledge that gypsum formation related to sulphatic reactions is not well documented. The disruptive effects of gypsum formation in concrete are not yet clearly understood because they are typically overshadowed by the formation of ettringite. In order to better comprehend the consequential mechanisms, studies need to be carried out with aluminate free cement types.

Tian and Cohen (2000) studied expansion mechanisms due to gypsum formation by subjecting alite mortar prisms to a sodium sulphate solution. They concluded that the measured expansion might be attributed to gypsum formation. Santhanam et al.’s investigations (2003) also support these findings. It is known that cements higher in C_3S content produce a significantly higher quantity of CH during the hydration process.

“This phase may directly react with sulphate ions at elevated concentration (48,000 ppm 5042) to cause gypsum corrosion’ (Ramyar and İnan 2007). In addition to paste expansion, this reaction reduces the cohesion stiffness and strength of hydrated cement paste (Ramyar and İnan 2007). Whether It Is a topochemical or through-solution reaction, the weakening results of cement paste are indeed complicated and should be emphasized more when investigating sulphate attack (Santhanam et al. 2003; Santhanam et al. 2001; Tian and Cohen 2000) .

Types of Sulphate Attack

Different types of exposure along with diverse environmental conditions may lead to different reaction and deterioration mechanisms. For the purpose of this review, this section briefly summarizes both internal and external sulphate attack in order to better understand and differentiate Sulphate attack induced by the chemical composition of the cement itself and its hydration process (i.e., internal sulphate attack) versus the chemical interaction of cement based elements with their environment (i.e., external sulphate attack).

Internal Sulphate Attack

Some may argue that internal sulphate attack may be considered as a classical form of sulphate attack, which is dependent on an interpretation of the term delayed ettringite formation (DEF) (Collepardi 2003; Skalny et al. 2002). The terminologies that have differentiated expansion mechanisms due to ettringite formation, namely - heat treatment-generated expansion and excess sulphate-generated expansion (Skalny et al. 2002). The former case is often referred to as DEF.

External Sulphate Attack

In general, there are three parameters required for external sulphate attack to occur: concrete with poor resistance to solution penetration, a sulphate-rich environment, and water exposure (Collepardi 2003, Mather 1968). Current research activities on sulphate attack primarily focus on the negative effects of the SO_4 ion on hydrated cement in relation to these parameters. However, the role of the sulphate compound's cation (e.g. Ca, Na or Mg) is equally important for establishing the type of reaction mechanisms (Dehwah 2007; Santhanam et al. 2001). Consequently, an improper material selection may result in a reduction in the concrete's resistance to sulphate attack. For example, research investigations have shown that cement of low C_3A content is resistant to sodium sulphate attack but is not adequate for resisting magnesium sulphate or sulphuric acid attack (Santhanam et al. 2001).

TESTING METHODS AND EVALUATION OF SULPHATE ATTACK

There are many ways of experimentally inducing a sulphatic reaction in a cementitious system by implementing various exposure mechanisms. The variety of tests described in the literature to investigate sulphate attack is countless. The differences in results obtained may vary according to the exposure parameters, namely: the type and concentration of sulphatic solution used, the temperature at which the experiment takes place, the time of exposure and finally, the experimental setup. In addition to these, the type of investigation and measurements taken may also influence the interpretation of the attained results.

Moreover, many argue that laboratory simulations are not entirely representative of field conditions, which makes sulphate attack evaluation even more difficult when assessing the causes and level of deterioration in the field (Santhanam et al. 2003). The current standardized tests may predict the relative performance of a cement type in the field, however; they are not practical for evaluating damage induced in the field. This section reviews past and present experimental practices to qualify and quantify the extent of sulphate interactions with concrete.

Physical Testing

Traditionally, physical testing such as expansion measurement and visual grading has been utilized as a means for evaluating the levels of deterioration due to sulphate

attack. Loss of mass has also been suggested in some investigations as a way for qualifying the extent of degradation. These tests take into account two of the known consequences of sulphate attack: expansion due to the formation of new sulphate compounds, e.g., ettringite, and the visual signs of damage, macrocracking and scaling.

Visual Rating of Deterioration

Visual rating of deterioration is often used in experimental investigations as a method for qualifying the degree of damage over time due to the ingress of sulphates. This method is based on a visual rating system where the type and magnitude of deterioration is taken into account to monitor its progress. The mean rating values provided by different observers may provide results in agreement with other test methods such as mechanical strength measurements. However, establishing failure criteria is complicated due to mix designs (paste being more susceptible than concrete) and surface-to-volume ratios of specimens (Cohen and Mather 1991). This aspect of the test procedure is also true for determining failure criteria due to expansion.

Expansion

Expansion measurements seem to be an adequate parameter to assess damage due to sulphate attack of continuously submerged specimens. This method is the basis of the ASTM C 1012 and ASTM C 452 standards to evaluate the resistance of cement to sulphate attack wherein the expansion measurements are taken with a standardized length comparator. After a certain period of exposure, the percent difference in length establishes the resistance of the cement in relation to an exposure class corresponding to field environment.

A non-accelerated study conducted by the USBR on partially submerged cylinders also utilized a length comparator to assess the damage due to sodium sulphate exposure over a period of 40 years. Although expansion was the only measurement used to investigate the attack, the exposure term has provided useful information in determining time to failure models for various water-cement ratios and cement types (Kurtis et al. 2000; Monteiro and Kurtis 2003). Even so, some may argue that quantifiable degradation of mortars bars immersed in sulphate solutions arises before expansion occurs.

Mass Loss

Mass loss is an important parameter to consider when investigating sulphate attack because of the many deteriorative mechanisms that lead to leaching of hydration products cracking and spalling. Haynes et al. studied the effects of temperature and humidity on the conversion of the crystalline form of sodium sulphate (i.e. salt weathering) whereby “scaling at the outer surface of the cylinders was observed above the solution level in all of the samples” (Haynes et al. 2008). Mass loss was the only method used for measuring the extent of damage. Cohen and Mather (1991) and Santhanam et al. (2003) recommend monitoring the change in mass in addition to other physical or mechanical methods of testing for any type of exposure regimen. Taking

the submerged in sodium sulphate solution regimen for example. Cohen and Mather (1991) anticipate an initial gain in mass as pores fill with newly formed sulphate products, followed by a progressive decrease as the paste begins to soften. For other regimens, this method may not necessarily be applicable.

Hewayde et al. (2007) investigated mixes of diverse water to cement ratios and different sulphuric acid concentrations, and concluded that the measured mass loss was greater for the specimens with the lowest w/c for a pH level below 1. For greater pH levels, mass loss due to deterioration was no longer an appropriate measurement of deterioration because the surface paste undergoes a change in chemical composition leaving a protective layer of gypsum, thus improving the concrete's resistance to the attack. Moreover, the shape and size of the specimen may affect the uniformity of the reaction kinetics. Gollop and Taylor (1992) noticed in their investigations on submerged cubic specimens that "at the cube edges, material had been lost, giving surfaces bevelled by corrosion. The faces of the cube showed little visible damage" (Gollop and Taylor 1992). If the specimens are subjected to other forms of testing, e.g., mechanical testing, these changes in shape and volume may ultimately influence the results interpretation of results.

Mechanical Testing

Mechanical testing is considered adequate for measuring the loss in engineering properties of a cementitious material subjected to sulphate attack. However, in early stages of the attack, as the pores fill with the products of the chemical reactions, an increase in strength is noticed, primarily due to the densification of the porous hydrated cement paste matrix. Then, the test may not reflect actual changes in microstructural properties, Nonetheless, Cohen and Mather (1991) state that mechanical properties, such as elastic modulus, compressive strength or tensile strength, have been used to investigate effects of the softening-spalling type.

EXPERIMENTAL STUDY

Materials

Portland Cement:

The cement used in this study is Portland cement (CEM I 42.5R) conforming to the Turkish Standard TS-EN 197-1 (which mainly based on the European EN 197-1). It has a specific gravity of 3.14 and a surface area (Blaine) of 327 m²/kg. The physical and chemical properties of the cement used are given in Table 1. It was supplied by Çimko Cement Factory.

Boron Modified Active Belite (BAB) Cement:

BAB cement conforming TS 13353- Draft Turkish Standard way used in this study. Major characteristic of the BAB cement is shown in Table 1. Boron cement was obtained from the Göltaş power-plant.

Table 4 Chemical Compositions and Physical Properties of Portland Cement and BAB Cement

Chemical Composition (%)	Portland	BAB Cement
SiO ₂	19.73	19.10
Al ₂ O ₃	5.09	4.68
Fe ₂ O ₃	3.99	3.42
CaO	62.86	57.1
MgO	1.61	1.32
SO ₃	2.62	2.68
Equivalent Alkalies (Na ₂ O+0,658.K ₂ O)	0.18	0.86
Cl ⁻	0.01	0.001
Insoluble residue	0.24	0.70
Loss on ignition	1.90	3.82
Free lime	0.57	--
Physical Properties		
Specific gravity (g/cm ³)	3.14	3.09
Setting time, Vicat needle Initial/Final (h-min)	2-46/3-44	2-25/3-00
Le chatelier (mm)	1	0.5
Specific surface area (m ² /kg)	327	356
Boric Oxide (B ₂ O ₃)	--	3.00
Gypsum	--	4.85
Clinker	--	86.1

Mixtures

Mortar mixtures were prepared using the cements mentioned previously and the sand meeting the requirements of ASTM C 778. In all mortar mixtures cement: sand ratio and water-cement ratio were kept constant at 1:2.75, and 0.485 by weight. In addition to mortar mixtures, two concrete mixtures incorporating blended cement or OPC at constant water-cement ratio of 0.40 were also produced. The detail of the mixture proportions of concrete is given in Table 2.

Table 5 Mixture Proportions of the Concrete in kg/m³

Materials		Concrete series	
		(w/cm=0.40)	
		Portland Cement Concretes	BAB Cement Concretes
Cement		400	400
Water		160	160
Fine Aggregate	Natural Sand	603	603
	Crushed Sand	185.3	185.3
Coarse Aggregate	No I	766.6	764.8

	No II	268.3	267.7
Superplasticizer		6	6

From each mortar mixture, 25x25x285 mm prismatic mortar bars and 50mm cubes were cast. The prismatic mortar bars were used for length measurements and the cubes were used to determine compressive strength. After casting and finishing, the molds were covered with plastic sheets and stored for 24 hours in a moist room (relative humidity: above 95% and temperature: $35 \pm 3^\circ\text{C}$). After the initial curing period, the specimens were demolded and cured in lime saturated water ($23 \pm 1.7^\circ\text{C}$) until the mortar cube specimens gained a compressive strength of 20 MPa as described by ASTM C1012. Upon reaching a compressive strength of 20 MPa, they were stored in a 5% sodium sulfate (Na_2SO_4) solution.

From each concrete mixture, 100 mm cubic specimens were cast. The concrete cubic specimens were used for compressive strength measurements. After casting and finishing, the concrete molds were covered with plastic sheets and stored for 24 hours. After 24 hours initial curing period, the concrete specimens were demoulded and cured in lime-saturated water for 7 days. At the age of 7 days, half of the cubic specimens were stored in three different curing conditions: 10% continuous sodium sulfate solution, 10% cyclic sodium sulfate solution and continuous lime saturated water.

RESULTS AND CONCLUSION

According to compressive strength test results (Table 3, Figure 1, Figure 2):

-For continuous water curing, all Boron Modified Active Belite Cement samples show lower strength when they compared to normal Portland Cement (CEM I 42.5R) samples. The highest difference was observed as 7.2 MPa after ninety days of curing time.

-For continuous Na_2SO_4 solution, all Boron Modified Active Belite Cement samples show higher strength when they compared to normal Portland Cement (CEM I 42.5R) samples. Except 90 days of curing results, the difference between the compressive strengths results of the 28th day cure and 80th day cure period increased. The highest difference was 18.9 MPa.

-For cycling Na_2SO_4 solution, Boron Modified Active Belite Cement samples showed lower performance in early strength, but after 90 days of curing these samples showed better result compared to Portland Cement (CEM I 42.5R) samples.

Table 6 Compressive strength values of Boron Modified Active Belite Cement and Ordinary Portland Cements.

Cement Type	w/c ratio	Initial Curing	Days			
			28	90	120	180
PC	0.40	H_2O	60.6	66.1	67.3	69.0

		(continuous)				
		Na ₂ SO ₄ (continuous)	61.3	58.4	50.5	43.7
		Na ₂ SO ₄	56.9	55.3	48.7	41.0
BABC	0.40	H ₂ O (continuous)	54.2	58.9	60.5	62.4
		Na ₂ SO ₄ (continuous)	57.7	60.0	59.3	60.6
		Na ₂ SO ₄	51.1	55.6	58.2	58.8

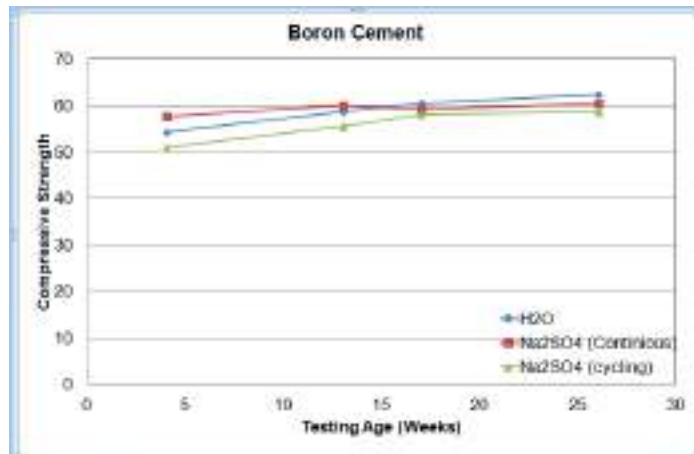


Figure 19 Compressive Strength of Boron Modified Active Belite Cement Samples

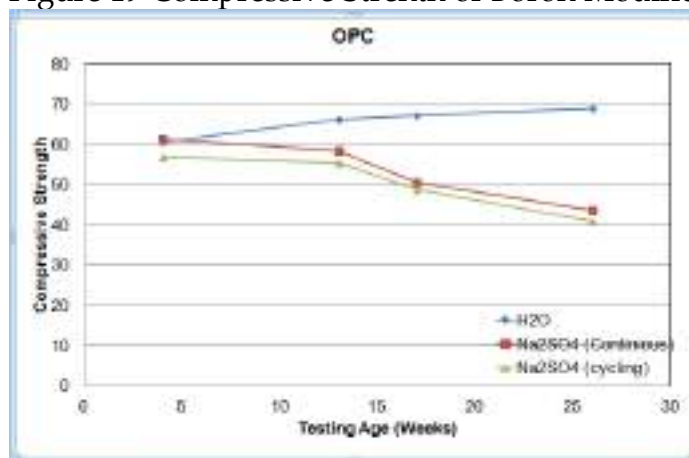


Figure 20 Compressive Strength of Ordinary Portland Cement Samples

According to expansion rate measurement results (Table 4, Figure 3):

Expansion rate of Boron Modified Active Belite Cement samples showed better performance than the Portland Cement (CEM I 42.5R) samples. Expansion rate of Portland Cement (CEM I 42.5R) samples, increased 25 times from the first week to the 26th week. The increase rate of expansion rate of Boron Modified Active Belite Cement samples is 13.5. Boron Cement gave approximately 3 times better results than Portland Cement when 26-week results were compared.

Table 7 Expansion of Boron Modified Active Belite Cement and Ordinary Portland Cements Samples

Test (Week)	Age	W/c Ratio	Ordinary Cement	Portland	Boron Cement
0		0.485	0.000		0.000
1		0.485	0.011		0.007
2		0.485	0.019		0.010
3		0.485	0.027		0.014
4		0.485	0.036		0.019
8		0.485	0.050		0.028
13		0.485	0.081		0.045
15		0.485	0.099		0.056
17		0.485	0.133		0.063
26		0.485	0.276		0.095

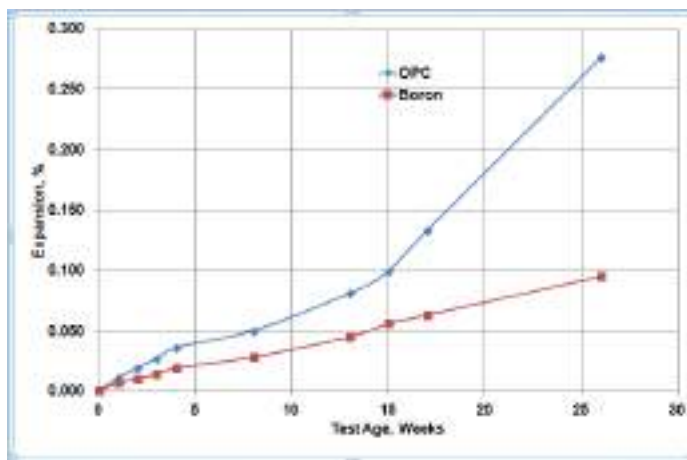


Figure 21 Expansion Rates of Boron Modified Active Belite Cement and Ordinary Portland Cement Samples

REFERENCES

- Bonen, D., Cohen, M. (1992) . Magnesium sulfate attack on portland cement paste-I. Microstructural analysis. *Cement and Concrete Research*, 22, 169-180.
- Bonen, D., Menashi, D. C. (1992). Magnesium sulfate attack on portland cement paste-I. Microstructural analysis. *Cement and Concrete Research*, 22, 169-180
- Cohen, M. D., Mather, B. (1991). Sulfate attack on concrete-search needs. *ACI Mater. J.*, 88, 62-69.
- Collepardi, M. (2003). A state-of-the-art review on delayed ettringite attack on concrete. *Cement and Concrete Composites*, 25 (4-5), 401-407.
- Dehwah H. A. F. (2007). Effect of sulfate concentration and associated cation type on concrete deterioration and morphological changes in cement hydrates. *Construction and Building Materials*, 21, 29-39.
- Gartner, E. M., Kurtis, K. E., Monteiro, P. J. M. (2000). Proposed mechanism of C-S-H growth tested by soft X-ray microscopy. *Cement and Concrete Research*, 30, 817-822.
- Gollop, R. S., Taylor, H. F. (1992) Microstructural and microanalytical studies of sulfate attack I – ordinary Portland cement paste. *Cement and Concrete Research*, 22, 1027- 1038.
- Hansen, E. (1968). Infinite conductivity of ordinary and gapless superconductors. *Physica*, 39, 271-292.

- Haynes, H., O'Neill, R., Neff, M., Mehta, P. K. (2008). Salt weathering distress on concrete exposed to sodium sulfate environment. *ACI Materials Journal*, 105, 35-43.
- Hewayde, E., Nehdi, M., Allouche, E. and Nakhla, G. (2007). Effect of mixture design parameters and wetting-drying cycles on resistance of concrete to sulphuric acid attack. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19, 155-163.
- Mather, B. (1968). The effect of variation in specific gravity and ash content on the mechanical properties of human compact bone. *Journal of Biomechanics*, 1, 207-210.
- Monteiro, P. J. M., Kurtis, K. E. (2003). Time to failure for concrete exposed to severe sulfate attack. *Cement and Concrete Research*, 33, 987-993.
- Neville, A. (2004). The confused world of sulfate attack on concrete. *Cement and Concrete Research*, 34, 1275-1296.
- Ramyar, K., Inan, G. (2007). Sodium sulfate attack on plain and blended cements. *Building and Environment*, 42(3), 1368-1372.
- Santhanam, M., Cohen M. D., Olek J. (2001). Sulfate attack research. *Cement and Concrete Research*, 31, 845-851.
- Santhanam, M., Cohen, M. D., Olek, J. (2001). Sulfate attack research. *Cement and Concrete Research*, 31, 845-851.
- Skalny, J., Marchand, J. O. (2002). Sulfate attack on concrete. *Modern Concrete Technology Series*, 32, 217.
- Tian, B., Cohen, M. (2000). Does gypsum formation during sulfate attack on concrete lead to expansion. *Cement and Concrete Research*, 30, 117-123.

SYNTHESIS OF ACTIVATED CARBON BY HUMAN HAIR OF DIFFERENT AGES

Oğuzhan KOTAN

Atatürk University, Engineering Faculty, Department of Chemical Engineering

Oguzhankotan11@gmail.com

Hatice BAYRAKÇEKEN

Atatürk University, Engineering Faculty, Department of Chemical Engineering

hatbay@atauni.edu.tr

ABSTRACT: Activated carbon is a member of the family of carbon blacks, nuclear graphites, carbon fibers and compounds, electrodes graphite, and many more. They all come from organic main sources with different carbonization and production processes. From a structural point of view, carbon materials collectively form carbon family. However, each individual carbon has certain characteristics. Each carbon has a unique identity. In our study, activated carbon was produced from human hair which were at different age ranges. Activated carbons were characterized by nitrogen adsorption/desorption isotherms (BET), thermal gravimetric analysis (TG), X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) techniques. Capacitance of the synthesized materials was determined by using cyclic voltammetry (CV). Characterization results showed that activated carbon had very high surface area and capacitance values are changed according to the activated carbons obtained at different ages.

Key words: activated carbon, human hair, supercapacitor

INTRODUCTION

Activated carbon is produced from carbonaceous sources such as peanut shell, coconut shell, peat, wood, walnut, lignite, coal and petroleum pitch. This biomass waste materials could contribute to produce activated carbon. Evaluating waste hair will contribute to the economy (Gupta). Activated carbon; is used in gas treatment, gold treatment, metal extraction, water treatment, pharmaceuticals, sewage treatment, gas masks and breathing apparatus, air filters, compressed air filters and many other applications. It is widely used for the purification of electrolytic coating solutions. In the environmental field, the adsorption of activated carbon in both air and in the water is used to clean wastes, groundwater reclamation, drinking water filtration, air purification, paint, dry cleaning, gasoline distribution operations and other operations. It is also used as supercapacitor electrode material. Recently, it has been used as an active carbon source in human hair. Human hair is one of the most important biological wastes in the cities which is burned in order to destroy. However, as a result of burning, ammonia emits irritating odors such as sulfide compounds (Gupta).

Human hair is a rather interesting waste material. Waste hair has plenty of applications in industry and academic research. It has a unique chemical composition and comes with several interesting properties. These listed properties lead to diverse applications. Human hair is made up of approximately 91% polypeptides, which contain more than 50% carbon, and the rest are elements such as oxygen, hydrogen, nitrogen, and sulphur (Pramanick *et.al*). Hair consists of three main parts: cuticle, cortex and medulla. Activated carbon from the hair is used as a supercapacitor material due to its high surface area. The efficiency of supercapacitors is proportional to surface areas. The surface areas of the supercapacitor materials are less than 2000 m²/g. Zhang et al. are prepared high-performance supercapacitor electrode materials from biomass waste of various pollens at large scale through a green and low-cost chemical activation method (Zhang et.al.).

METHODS

In this study, human hair was used in order to obtain activated carbon. Usually male hair is unpainted and has not been treated in any way. That's why we chose to work with men's hair. They were classified into two groups as 0-18 and 18-40 years old by ages. The hair was washed with isopropanol and dried at 80°C. Cleaned hair was cut to ~5mm long. It was then carbonized under argon atmosphere at 300°C for 1.5 hours. The carbonized materials were then mixed with KOH and carbonized under argon atmosphere at 800°C for 2 hours. The resulting dark material was mixed with 1M HCl solution and then washed thoroughly with distilled water. The residue was collected and dried at 80°C. And then activated carbon produced from human hair was produced. Nitrogen adsorption/desorption isotherms (BET), thermal gravimetric analysis (TG), X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) methods were used for characterization. Capacitance of the materials was determined by using cyclic voltammetry (CV).

RESULTS AND FINDINGS

The surface areas of the activated carbons obtained from human hair are given in Table 1. As seen from this table the surface area of the 18-40 age group was found to have a higher surface area than the activated carbon from the 0-18 age group.

Table 1. Surface areas of of the synthesized activated carbon materials obtained from Nitrogen Adsorption/Desorption Isotherms (BET)

Material	Surface Area (m ² /g)
0-18 age range	2307,58

Thermogravimetric analysis (TG) (Netzsch STA 409 PC Luxx) under air was used with a flow rate of 90 mL min⁻¹ and at heating rate of 10 K min⁻¹. This analysis was conducted from room temperature to 900°C. The thermal behavior of activated carbons obtained from two different age groups was approximately the same as given in Figure 1. Weight loss was observed in the thermograms for the 0-18 and 18-40 age groups as 99,12% and 99,26%, respectively. Activated carbons degrade with two steps. The first step is corresponding to the water evaporation. The second step is related to the decomposition of hair keratin, with organic degradation of hair microfibrils and matrix.

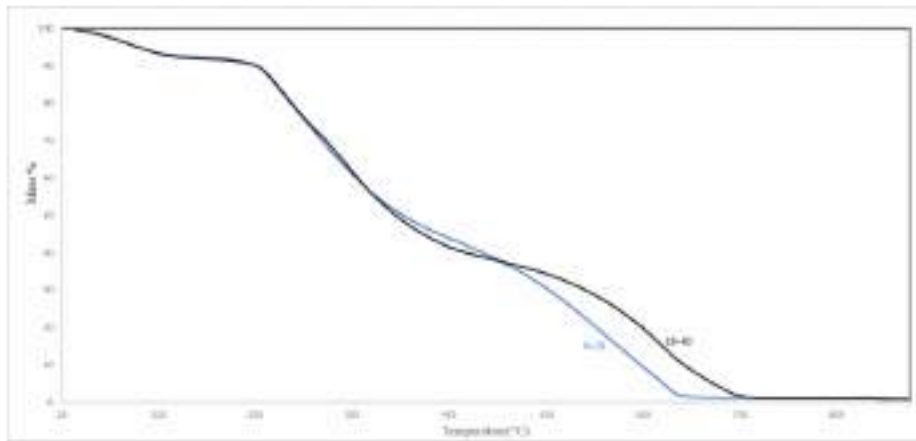


Figure 1. Thermal Gravimetric Analysis (TGA) of of the synthesized activated carbon materials

Figure 2 shows the XRD patterns for the activated carbon materials obtained for different age groups. As can be seen from XRD patterns that amorphous structures were obtained for the synthesized materials. Additionally, graphitic stacking peak located at around 23° is clearly seen for 18-40 age group. Similarly, a peak located at 43.8° was also clearly seen for 18-40 age group. High density of micropores were confirmed with the intensity increase at low-angle scattering peaks (Qian et al.).

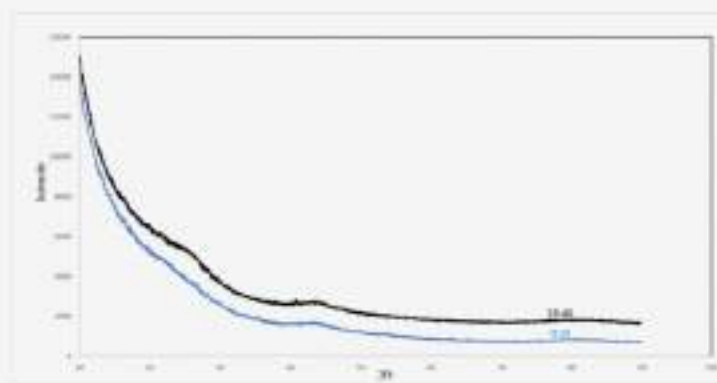


Figure 2. X-Ray Diffraction (XRD) patterns of of the synthesized activated carbon materials

SEM images for the synthesized activated carbons are given in Figure 3. Dense structures with holes were obtained for both activated carbon materials. Smaller holes with more porous structure is obtained for the activated carbon synthesized with 18-40 age group.

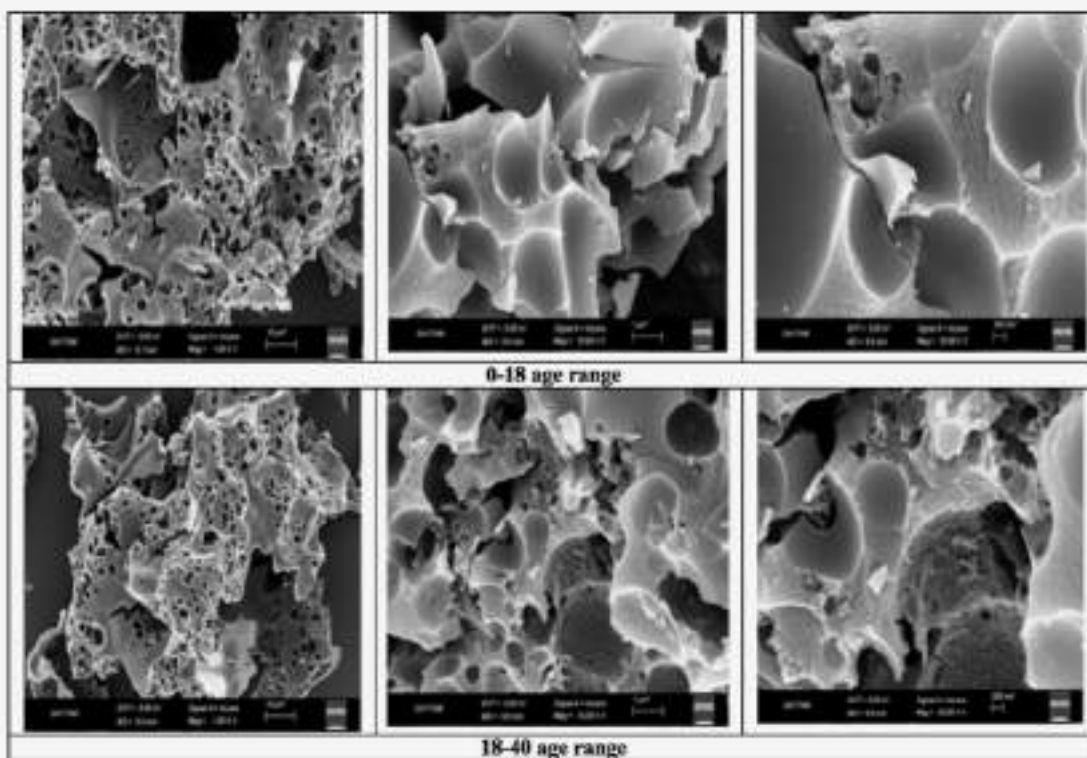


Figure 3. Scanning Electron Microscope (SEM) images of the synthesized activated carbon materials

Figure 4 shows the FTIR results of the synthesized activated carbon materials. Similar functional groups were obtained for both activated carbon materials. The peaks located at 1710 and 1562 cm^{-1} represent $\text{C}=\text{O}$ bonds of the carboxylic groups ($-\text{COOH}$) and the stretching vibrations of conjugated $\text{C}-\text{C}$ bonds of aromatic rings, respectively (Cao et al.).

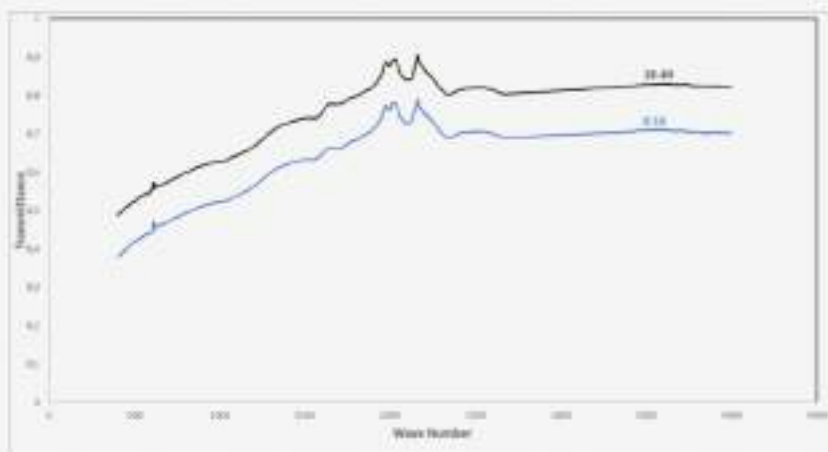


Figure 4. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) results of the synthesized activated carbon materials

The specific capacitances of the materials are taken by using cyclic voltammetry technique. Firstly, electrode ink was obtained by mixing 1mL of pure water, 1mL of 1,2-propanediol, 165 μ L (20% ion power) Nafion solution. Mixture was stirred with magnetic stirrer. The solution is added dropwise to the working electrode (glassy carbon) from the solution prepared by micro-pipette and allowed to dry at room temperature. Ag/AgCl electrode was used as reference and Pt wire was used as counter electrode. Before starting the CV analysis, the electrolyte was exposed to nitrogen gas for 30 minutes to remove dissolved oxygen from the electrode solution. Corresponding cyclic voltammograms are given in Figure 5. Specific capacitance of the activated carbon obtained for 0-18 age group was higher than 18-40 age group although its surface area was small. This situation can be attributed to the difference between the micropore structures of the synthesized materials which affect the electrolyte to reach the active surface area.

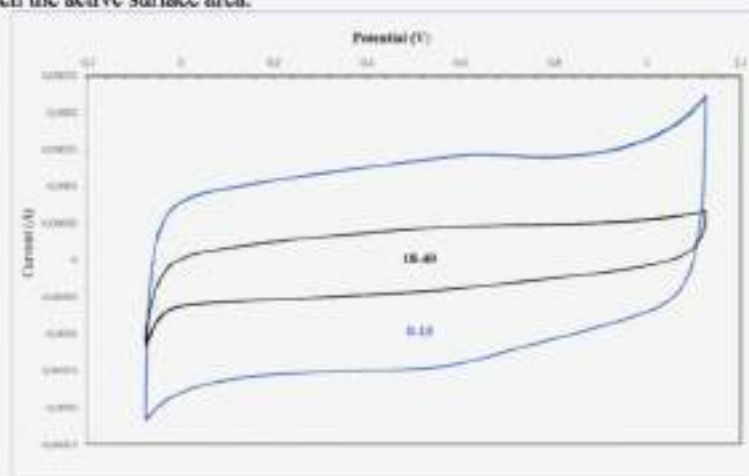


Figure 5. Cyclic voltammograms of the synthesized activated carbon materials

CONCLUSIONS

Human hair is a commonly and general waste that will always exist in the world. Therefore, it is very important to dispose of these wastes. In this respect, disposal of this waste to useful materials is very crucial. In the scope of this study, human hair obtained from different age groups (0-18 and 18-40) are used to synthesize activated carbon materials. These carbon materials were characterized by using XRD, FTIR, SEM

and BET techniques. It was observed that the surface areas of the materials are significantly changed depending on the age group. The difference between the structural changes in the activated carbons resulted in a significant change in the specific capacitance values. This study showed that the activated carbon properties strongly depend on the hair source age.

REFERENCES

- Cao, X., Ma, L., Gao, B., & Harris, W. (2009). *Dairy-manure derived biochar effectively sorbs lead and atrazine. Environmental Science & Technology*, 43: 3285–3291.
- Gama, R.M, Balogh, T.S., Taˆnia, S.F., Saˆ Dias, C., Bedin, V., A.R., Matos, J.R. and Velasco, M.V.R.. (2011). *Thermal analysis of hair treated with oxidative hair dye under influence of conditioners agents, Journal of Thermal Analysis and Calorimetri*, 106:399–40.
- Gupta, A. (2014). Human Hair “Waste” and Its Utilization: Gaps and Possibilities. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Waste Management Volume 2014, Article ID 498018, 17 pages.*
- Qian, W., Sun, F., Xu, Y., Qiu, L., Liu, C., Wang, S. and Yan, F..(2014). Human hair-derived carbon flakes for electrochemical supercapacitors. *Energy & Environmental Science*, 7, 379- 386.
- Pramanick, B., Cadenas, L.B., Kim, D.M., Lee, W., Shim, Y.B., Martinez-Chapa,S.O., Madou, M.J. and Hwang, H.. (2016). *Human hair-derived hollow carbon microfibers for electrochemical sensing, Carbon*, 107,872-877.
- Zhang, L.,Zhang, F.,Yang, X.,Leng, K.,Huang, Y., and Chen, Y.. (2013). High-Performance Supercapacitor Electrode Materials Prepared from Various Pollens. *Small*, 2013, 9, No. 8, 1342–1347.

DIFFERENT E-PLL STRUCTURES FOR GRID-INTERFACED CONVERTERS: ANALYSIS AND COMPARISON

Fehmi SEVİLMİŞ

Selçuk University, Faculty of Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering

fehmisevilmis@selcuk.edu.tr

Hulusi KARACA

Selçuk University, Faculty of Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering

hkaraca@selcuk.edu.tr

ABSTRACT: Phase locked loop (PLL) is a very popular synchronization methods and widely used for grid-interfaced converters. Among the PLLs, one of the most known and commonly used is Synchronous Reference Frame-PLL (SRF-PLL) thanks to its advantages such as simple structure and ease of application. However, the dynamic response of the SRF-PLL is considerably deteriorated under adverse grid conditions such as unbalanced and distorted. Therefore, various PLL methods have been developed for a robust and reliable synchronization in such adverse grid conditions in the literature. One of them is Enhanced-PLL (E-PLL). The aim of this study is to analyse and compare the different E-PLL structures with classical E-PLL. Simulation studies clearly show the transient and steady-state response of E-PLLs under non-ideal grid conditions.

Key words: E-PLL, grid-interfaced converter, phase locked loop, PLL, SRF-PLL

INTRODUCTION

According to European Commission report on renewable energy vision, the European Union states set a target to 2030 of at least 27% renewable energy based generation systems (Corbetta, 2015), where photovoltaic (PV) and wind systems are supposed to be the most leading examples of such systems in the electrical grid (Luna et al., 2015). Frankly speaking, wind energy-based electricity generation systems are foreseen to get the lion's share of this electricity generation (Corbetta, 2015).

The increased use of these systems (PV and wind power plants) significantly affect the safety and stability of grids in distributed generation systems (DGSs). Because, power systems and their operations are developed according to conventional power plants. PV and wind power plants are different from conventional plants in terms of operation. For this reason, the electricity transmission and distribution operators set some rules for these plants to be connected to the grid to ensure that the system continues to operate well and safely in terms of resource security, reliability and power quality. These rules, which PV and wind power plants must obey, are called grid code. Grid code demands are applied to ensure the voltage and frequency stability of the power grid and to ensure that the PV and wind power plants remain stable in the system until the fault is eliminated in case of failure. Consequently, the grid code

demands clearly reveal the need for fast and accurate synchronizing of these plants to the grid, even in the case of an adverse situation in the electricity grid (Kurt, 2011; Teodorescu, Liserre, & Rodriguez, 2011).

In DGSs, the synchronous reference frame-phase locked loop (SRF-PLL) is the most known method for synchronizing in three phase systems. However, although the performance of the SRF-PLL is acceptable under normal grid conditions, its dynamic response is not satisfactory under abnormal grid conditions such as unbalanced, distorted, or faulty (Kaura, & Blasko, 1997; Chung, 2000; Blaabjerg, Teodorescu, Liserre, & Timbus, 2006). So, advanced PLL methods have been proposed to achieve a robust and reliable synchronization in such abnormal grid conditions in the literature. One of these is Enhanced-PLL (EPLL) that has non-linear adaptive control mechanism and robust performance against abnormal conditions (Karimi-Ghartemani, & Iravani, 2004).

In this study, the classical EPLL and three-different versions of the EPLL are analyzed and evaluated. These EPLL versions are dual EPLL (DEPLL) (Rodriguez, Luna, Ciobotaru, Teodorescu, & Blaabjerg, 2006), two phase stationary frame-based EPLL (TPSF-EPLL) (Wu, Zhang, & Duan, 2015), and space vector EPLL (SV-EPLL) (Bendrat, Chhor, & Sourkounis, 2017). Performances of four EPLL methods are evaluated according to amplitude, phase and frequency detection of the positive sequence of grid voltages under abnormal grid conditions. The rest of the paper configured as follows. In Chapter 2, each EPLL method is shortly analyzed. In Chapter 3, these EPLLs are modelled in MATLAB/Simulink and compared with each other. Finally, in Chapter 4, conclusions are given.

ANALYSIS OF FOUR DIFFERENT EPLLs

Principle of Classical EPLL

The classical single-phase EPLL method by Karimi-Ghartemani and Iravani (2001) consists of a combination of the SRF-PLL and adaptive notch filter (ANF). The EPLL is a non-linear grid synchronization method that adapts to grid frequency changes. The amplitude, phase and frequency detection of the positive sequence of grid voltages are estimated fast and accurately under unbalanced, distorted and variable frequency grid conditions by means of the superior filtering ability of the ANF (Karimi-Ghartemani, & Iravani, 2002; Karimi-Ghartemani, & Iravani, 2004).

Fig. 1 shows the block scheme of the single-phase EPLL, where $V_g = V_m \cos(\theta_g)$. As shown in Fig. 1, the single-phase grid voltage (V_g) is firstly driven by the ANF pattern and the filtered $y = U \cos(\theta^*)$ voltage is determined, where y is the same phase with V_g ($y = V_g$ under ideal grid conditions). Hence, while the U voltage provides the peak value of the grid voltage ($U = V_m$ under ideal grid conditions), the θ^* provides the phase angle of the grid voltage ($\theta^* = \theta_g$ under ideal grid conditions). Furthermore, 90° leading and filtered phase voltage from the y voltage is determined ($jU = U \cos(\theta^* + 90^\circ) = -U \sin(\theta^*)$). Then, the voltage error ($e = V_g - y$) is passed through the SRF-PLL pattern to be controlled by PI controller.

There are three invariants (μ_1 , μ_2 , and μ_3) to control the dynamic response of the EPLL. The μ_1 serves like a proportional controller and ensures the stability of the U voltage. Increment of the μ_1 accelerates the convergence speed of the U ; however, it leads to oscillations in the U voltage. Therefore, there is a trade-off between speed and accuracy. The μ_2 and μ_3 control the convergence speed of the frequency and phase angle of the input voltage, respectively.

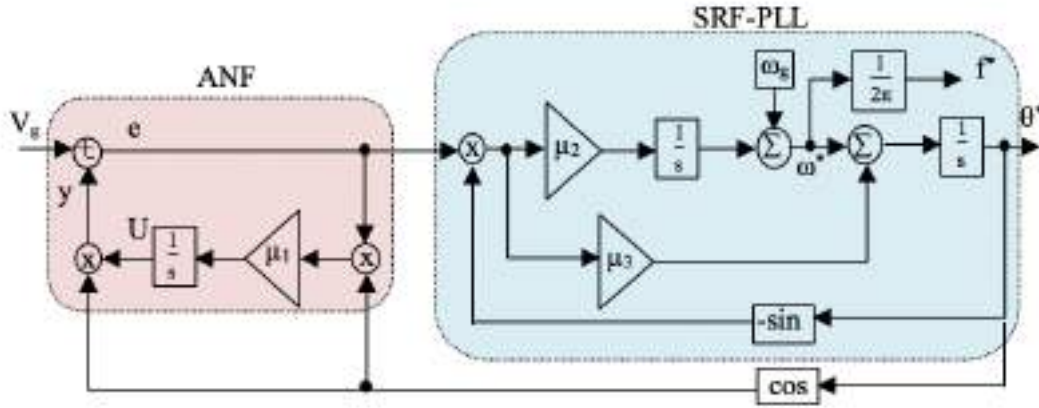


Figure 1. Block scheme of the single-phase EPLL

In Fig. 2, the three-phase EPLL block diagram is given (Karimi-Ghartemani, & Iravani, 2004; Karimi-Ghartemani, 2014). Unlike the SRF-PLL technique, there is no need for Clarke and Park conversions in the EPLL method. Each grid phase voltage (V_a , V_b , and V_c) is separately processed in the EPLL and then filtered and shifted phase voltage pairs for each phase are obtained in the three-phase system ($V_a^* - jV_b^*$, $V_b^* - jV_c^*$ and $V_c^* - jV_a^*$). After, the six-voltages at the output of the EPLL(1), EPLL(2), and EPLL(3) blocks are transferred into the computational unit. In the computational unit, by virtue of the in-quadrature voltages, the instantaneous-symmetrical-components (ISC) method is used to reveal the positive sequence components of three-phase voltages (V_{abc}^+). The positive components estimated on account of using the ISC method are shown as follows (Luna et al., 2015).

$$\begin{aligned} V_a^+ &= \frac{1}{3}V_a^* - \frac{1}{6}(V_b^* + V_c^*) + \frac{1}{2\sqrt{3}}j(V_b^* - V_c^*) \\ V_b^+ &= -(V_a^+ + V_c^+) \\ V_c^+ &= \frac{1}{3}V_c^* - \frac{1}{6}(V_a^* + V_b^*) + \frac{1}{2\sqrt{3}}j(V_a^* - V_b^*) \end{aligned} \quad (1)$$

Here, j is the phase shift operator. The 90° leading-phase of the grid voltages are expressed by the j multiplier.

As shown in Fig. 2, the amplitude (V_m^+) and phase angle (θ^+) of the grid voltages are estimated by using a fourth EPLL after the positive sequence components of the grid voltages are obtained.

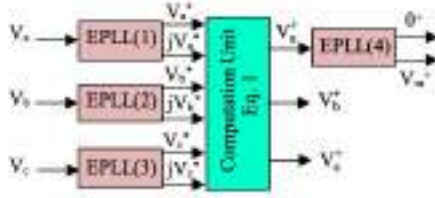


Figure 2. Block scheme of the three-phase EPLL

The advanced EPLL methods are studied by Karimi-Ghartemani, Khajehoddin, Jain, and Bakhshai (2012), where moving average filter (MAF) is used in EPLL loop, by Karimi-Ghartemani et al. (2013), where second order linear band-pass filter is added to proposed EPLL, and by Karimi-Ghartemani (2014a), where the two-advanced EPLL (namely linear time invariant-EPLL [LTI-EPLL], and pseudolinear-EPLL [PL-EPLL]) independently operate from the amplitude of the grid voltages to improve the performance of the EPLL under abnormal grid conditions. Also, advanced and different EPLL structures can be found in Karimi-Ghartemani (2014b).

Principle of DEPLL

The dual EPLL structure is proposed by Rodriguez, Luna, Ciobotaru, Teodorescu, and Blaabjerg (2006). The DEPLL composes of band-pass filter (BPF) and the SRF-PLL. In the classical EPLL structure (Karimi-Ghartemani, & Iravani, 2001), the in-quadrature phase voltages are 90° leading the in-phase voltages. In the DEPLL method, a slight change is made according to the classical EPLL. The quadrature grid voltages (jV_a^* , jV_b^* , and jV_c^*) are now 90° lagging according to the V_a^* , V_b^* , and V_c^* voltages, respectively. Fig. 3 shows the block diagram of the single-phase DEPLL structure. Transfer function of the BPF is given as follows.

$$D(s) = \frac{V^*}{V} = \frac{ks}{s^2 + ks + \omega^{*2}} \quad (2)$$

where ω^* is the estimated grid frequency by the SRF-PLL.

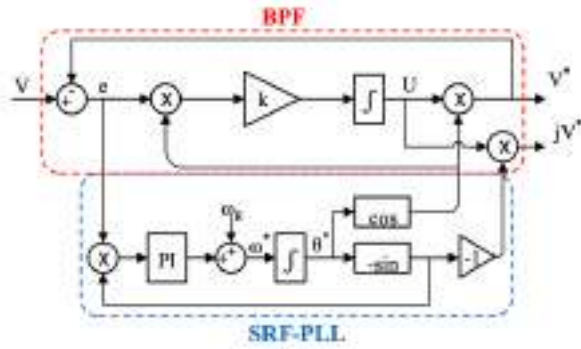


Figure 3. Block diagram of the single-phase DEPLL

In the DEPLL, the three-phase grid voltages are firstly transformed to $V_\alpha - V_\beta$ voltages by Clarke conversion. That is, the $\alpha\beta$ stationary reference frame is used instead of the abc natural reference frame. Owing to using only two EPLL, the DEPLL has lower computational burden than the classical EPLL. Besides, it has a higher robustness by means of eliminating zero sequence components by Clarke conversion.

If it is assumed that $V_\alpha - V_\beta$ voltages are in-quadrature all the time, there is no need to estimate the phase angle of $V_\alpha - V_\beta$ voltages separately. Thus, one phase estimator can be used for both voltages. As a result, two BFFs and only one SRF-PLL are need to operate the DEPLL (in Fig. 4).

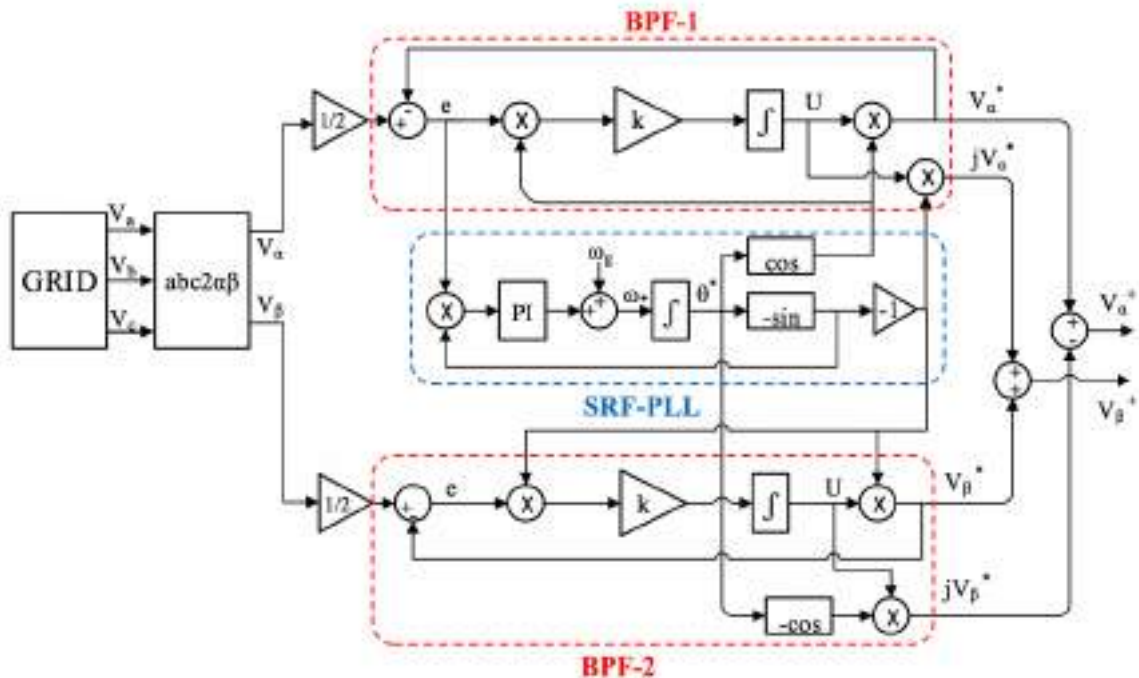


Figure 4. Block diagram of the DEPLL

As can be shown in Fig. 4, the positive sequence components of the V_a and V_β voltages (V_a^+ , and V_β^+) are calculated as follows which bases on the ISC method. Here, the ISC method is formulated on the $a\beta$ stationary reference frame.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} V_\alpha^+ \\ V_\beta^+ \end{bmatrix} &= \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} [T] \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \\ &= \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} [T] \left(\frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} V_\alpha^+ \\ V_\beta^+ \end{bmatrix} &= \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j \\ j & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{where } [T] = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a^2 & a \\ a & 1 & a^2 \\ a^2 & a & 1 \end{bmatrix}, \quad a = e^{-j\frac{2\pi}{3}}$$

After the V_a^+ and V_β^+ voltages are determined, the amplitude and phase angle of grid phase voltages are simply estimated as follows.

$$V_m^+ = \sqrt{(V_\alpha^+)^2 + (V_\beta^+)^2} \quad ; \quad \theta^+ = \arctan\left(\frac{V_\beta^+}{V_\alpha^+}\right) \quad (4)$$

In many electrical grids, as impedances of the positive and negative sequence components are equal, the DEPLL synchronization system works well under faulty grid conditions. But, effects of dynamic loads cause diversities between the positive and negative sequence impedances. Especially, when large-scale induction motors are tied to the grid, this negative situation generally occurs. In this case, synchronization errors happen when the DEPLL is used due to assumption that $V_a - V_\beta$ voltages are in-quadrature. Therefore, dual second order generalized integrator-frequency locked loop (DSOGI-FLL) method by Rodriguez, Luna, Ciobotaru, Teodorescu, and Blaabjerg (2006) are presented, where a FLL are driven instead of a PLL.

Principle of TPSF-EPLL

A new two phase stationary frame-based EPLL (TPSF-EPLL) by Wu, Zhang, and Duan (2015) needs less calculation as there is no conversion to the synchronous reference frame (dq) from the stationary reference frame ($a\beta$). All calculation is operated in $a\beta$ frame. In fact, the structure and operation of this EPLL is very similar to three-phase magnitude-PLL (3MPLL) by Karimi-Ghartemani (2006), where the 3MPLL works in the abc natural reference frame instead of the $a\beta$ stationary reference frame. In the TPSF-EPLL, thanks to performing in $a\beta$ frame, the TPSF-EPLL has less computational burden than the classical EPLL as in the DEPLL. Moreover, it has a higher robustness

in terms of eliminating zero sequence components by Clarke transformation. The differential equations of the TPSF-EPLL derived using the gradient descent method are obtained from minimizing the cost function given as follows. The block diagram of the TPSF-EPLL is presented in Fig. 5.

$$J = \|v(t) - y(t)\|^2 = (v_\alpha - y_\alpha)^2 + (v_\beta - y_\beta)^2 = e_\alpha^2 + e_\beta^2 \quad (5)$$

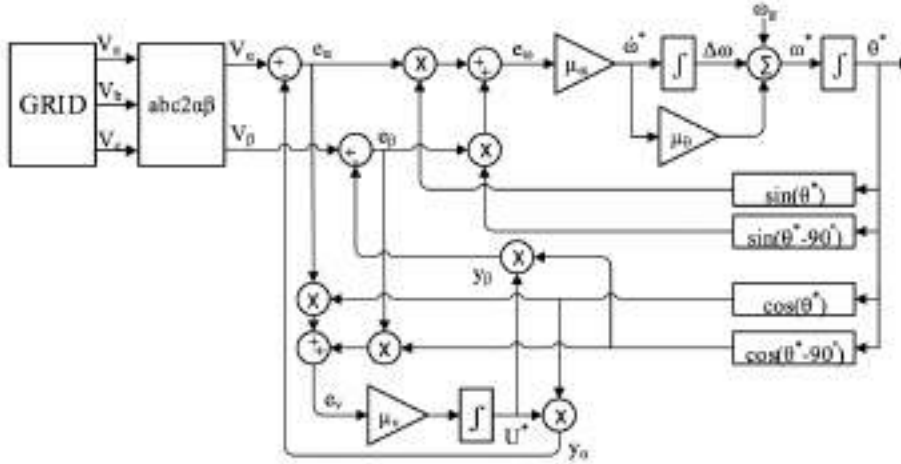


Figure 5. Block diagram of the TPSF-EPLL

According to a linear analysis, the linear equations can be written as

$$\begin{aligned} \dot{m} &= -\mu_v m \\ \dot{n} &= -\mu_\omega U \eta \\ \dot{\eta} &= n - \mu_\theta \mu_\omega U \eta \end{aligned} \quad (6)$$

where $m = U^* - U \approx 0$, $\eta = \theta^* - \theta \approx 0$, and $n = \omega^* - \omega \approx 0$. Thus, the nonlinear terms equals to zero. Eq. 6 shows that the dynamics of amplitude has a negative real eigenvalue of $\lambda_v = -\mu_v$, which meets to a time constant of $\tau_v = \frac{1}{\mu_v}$. The phase angle and frequency dynamics can be stated as

$$\begin{aligned} \Delta(\lambda) &= \lambda^2 + 2\xi\omega_n\lambda + \omega_n^2 \\ \omega_n^2 &= \mu_\omega U \quad ; \quad \xi\omega_n = \frac{1}{2}\mu_\theta\mu_\omega \quad ; \quad \omega_n = \frac{2\xi}{\mu_\theta} \end{aligned} \quad (7)$$

To improve the dynamic response of the TPSF-EPLL, especially under unbalanced and distorted conditions, I- $\alpha\beta$ -EPLL is proposed by Luo, and Wu (2017). The I- $\alpha\beta$ -EPLL method contains additional two pure integrators and MAFs into both amplitude and frequency detection loops of the $\alpha\beta$ -EPLL. Although only additional two integrators and the MAFs are used, the computational burden is not considerably increased as compared to the TPSF-EPLL.

Principle of SV-EPLL

The space vector-EPLL method is offered by Bendrat, Chhor, and Sourkounis (2017) has a similar idea with the DEPLL. As aforementioned in the DEPLL method, one phase estimator is used for both voltages ($V_a - V_\beta$) in the DEPLL and the $V_a - V_\beta$ voltages are always assumed in-quadrature. Contrary to the DEPLL, one-classical EPLL is used for each V_a and V_β voltages in the SV-EPLL. Again, in contrast to the DEPLL, 90° leading phase voltage are obtained according to original one ($V_a^* - jV_a^*$, and $V_\beta^* - jV_\beta^*$). After obtained quadrature voltages, these voltages are passed through into the positive sequence extraction (PSE) unit, as shown in Fig. 6. The mathematical expression of the PSE unit is given as

$$\begin{bmatrix} V_a^+ \\ V_\beta^+ \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j \\ -j & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a^* \\ V_\beta^* \end{bmatrix} \quad (8)$$

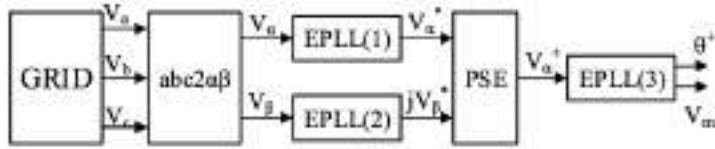


Figure 6. Block diagram of the SV-EPLL

As can be seen from Fig. 6, the amplitude (V_m^+) and phase angle (θ^+) of the grid voltages are estimated by using a third EPLL when the positive sequence component of the V_a voltage (V_a^+) is determined. Since the SV-EPLL requires only three-EPLL in comparison to classical EPLL, the computational burden of the SV-EPLL is lower than the EPLL. In addition, experimental study of the SV-PLL by Chhor, Manolioudakis, Bendrat, and Sourkounis (2017) are performed under abnormal grid conditions such as voltage sags, frequency jump, phase jump, and harmonics.

SIMULATION RESULTS

Performances of the classical EPLL and three-different versions of the EPLL are performed according to amplitude, phase and frequency detection of the positive sequence of grid voltages under abnormal grid conditions such as unbalanced, distorted, and variable frequency. The results are achieved using MATLAB/Simulink to compare each of the EPLLs. In overall simulations, the three-phase grid voltages are set to 311 V-50 Hz under balanced conditions up to 0.1 s. Moreover, all test conditions have a time interval of 0.1 s between 0.1-0.2 s, so that there is an adequate time to observe the characteristics in transient-states. Finally, the three-phase grid voltages are adjusted again to balanced conditions after 0.2 s.

The μ_1 , μ_2 , and μ_3 coefficients of the classical EPLL and SV-EPLL and the k , and PI controller parameters of the DEPLL are calculated according to Karimi-Ghartemani (2014b) and μ_v , μ_ω , and μ_θ coefficients of the TPSF-EPLL are calculated according to Wu, Zhang, and Duan (2015) given in Eq. 7 and these parameters are listed in Table 1. The settling time (t_s), damping ratio (ξ), and cut-off frequency of filter of each EPLLs

for calculating their coefficients are considered 40 ms, 0.707, and 176.77 rad/s, respectively

Table 1. Tuning Parameters of the EPLLs

PLL	Values
EPLL & SV-EPLL	$\mu_1 = 250, \mu_2 = 201, \mu_3 = 1.61$
DEPLL	$k = 250, k_p = 1.61, k_i = 201$
TPSF-EPLL	$\mu_v = 125, \mu_\omega = 100.5, \mu_\theta = 0.008$

Performance Comparison under Unbalanced Grid Condition

Fig. 7 shows the three-phase grid voltages and simulation results of the estimated amplitude, phase error and frequency under unbalanced grid condition. The three-phase grid voltages are changed as follows in test condition.

$$V_{abc} = \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 373 \cos(2\pi 50t) \\ 285 \cos(2\pi 50t - \frac{2\pi}{3}) \\ 285 \cos(2\pi 50t + \frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix} \quad (9)$$

As can be shown in this figure, all EPLL methods are not affected by an unbalanced three-phase voltages except for the TPSF-EPLL. That is easy to say that the estimated amplitude, phase angle and frequency exactly match with real ones except for the TPSF-EPLL. The classical EPLL and the SV-EPLL show a similar dynamic response due to the their similar structures. However, the phase errors overshoot of the EPLL and the SV-EPLL are bigger than the DEPLL, which are about 0.12 rad and 0.06 rad, respectively. The DEPLL may be the best choice under this condition. Clearly, the TPSF-EPLL has the worst dynamic response according to the other three methods. In addition, since the positive sequence and negative sequence components of the grid phase voltages cannot be obtained independently, the effect of the 2nd harmonic component (100 Hz) on the the estimated amplitude, phase angle and frequency is clearly visible. But, after the test conditions, the transient response time of the TPSF-EPLL is considerably shorter than the others. Especially, transient response time of estimated amplitude of the TPSF-EPLL is nearly zero because of the eliminating the Park transformation.

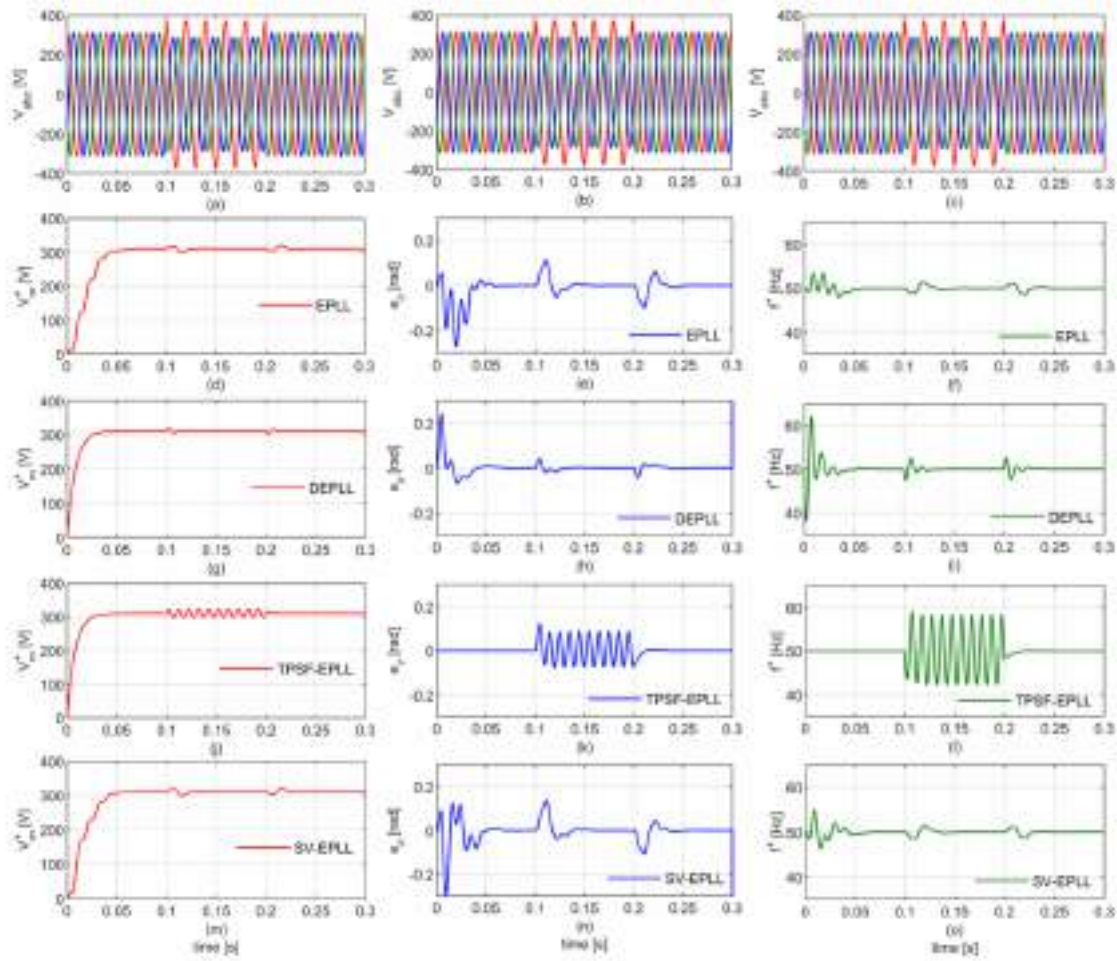


Figure 7. Amplitude, phase error and frequency estimation of the four tested EPLLs under unbalanced grid condition. (a)-(c) Three-phase grid voltages (V), (d)-(f) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for classical EPLL, (g)-(i) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for the DEPLL, (j)-(l) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for the TPSF-EPLL, (m)-(o) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for the SV-EPLL.

Performance Comparison under Distorted Grid Condition

Fig. 8 illustrates the simulation results of the estimated amplitude, phase error and frequency under distorted grid condition. The grid voltages are set as follows in test condition.

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 311\cos(2\pi 50t) + 31.1\cos(2\pi 250t) + 15.55\cos(2\pi 350t) \\ 311\cos\left(2\pi 50t - \frac{2\pi}{3}\right) + 31.1\cos\left(2\pi 250t - \frac{2\pi}{3}\right) + 15.55\cos\left(2\pi 350t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ 311\cos\left(2\pi 50t + \frac{2\pi}{3}\right) + 31.1\cos\left(2\pi 250t + \frac{2\pi}{3}\right) + 15.55\cos\left(2\pi 350t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \quad (10)$$

As can be seen from graphs, pairs of the EPLL and the SV-EPLL and pairs of the DEPLL and the TPSF-EPLL have almost same response to distorted grid condition. Figs. 8 (i) and (l) show obviously that the frequency errors of the DEPLL and the TPSF-EPLL are larger than the the EPLL and the SV-EPLL, which are about ± 0.8 Hz, ± 4 Hz, ± 6 Hz and ± 0.8 Hz, respectively. Consequently, the EPLL and the SV-EPLL have a better immunity to harmonics than the DEPLL and the TPSF-EPLL due to the high pre-filtering capability.

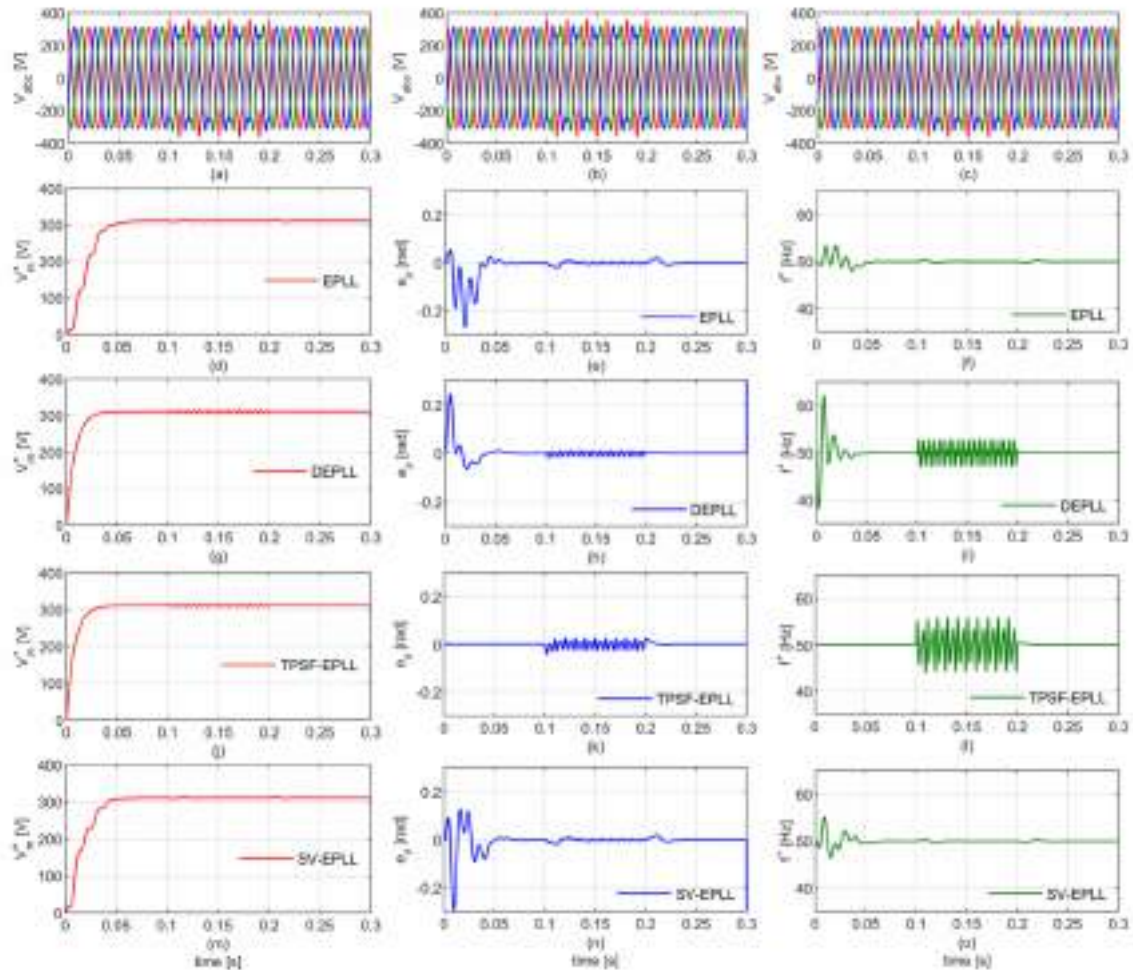


Figure 8. Amplitude, phase error and frequency estimation of the four tested EPLLs under distorted grid condition. (a)-(c) Three-phase grid voltages (V), (d)-(f) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for classical EPLL, (g)-(i) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for the DEPLL, (j)-(l) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for the TPSF-EPLL, (m)-(o) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for the SV-EPLL.

Performance Comparison under Variable Frequency Grid Condition

Fig. 9 demonstrates the simulation results of the estimated amplitude, phase error and frequency under variable frequency grid condition. The grid voltages are adjusted as follows in test condition. The frequency is changed from 50 Hz to 52 Hz at 0.1 s.

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 311 \cos(2\pi 52t) \\ 311 \cos\left(2\pi 52t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ 311 \cos\left(2\pi 52t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \quad (11)$$

As can be shown, all EPLL methods provide a good amplitude, phase and frequency tracking capability. Moreover, there is no steady-state error in both EPLLs thanks to their frequency adaptive mechanism. However, the overshoots and synchronization times of the EPLL, DEPLL and TPSF-EPLL are larger than the TPSF-EPLL Fig. 9 (j) shows that in the amplitude estimation, the TPSF-EPLL is in no way affected by the frequency change.

Also, the phase errors and frequency overshoots of the TPSF-EPLL are much lower than the others. Consequently, the TPSF-EPLL may be the best candidate under variable frequency grid condition.

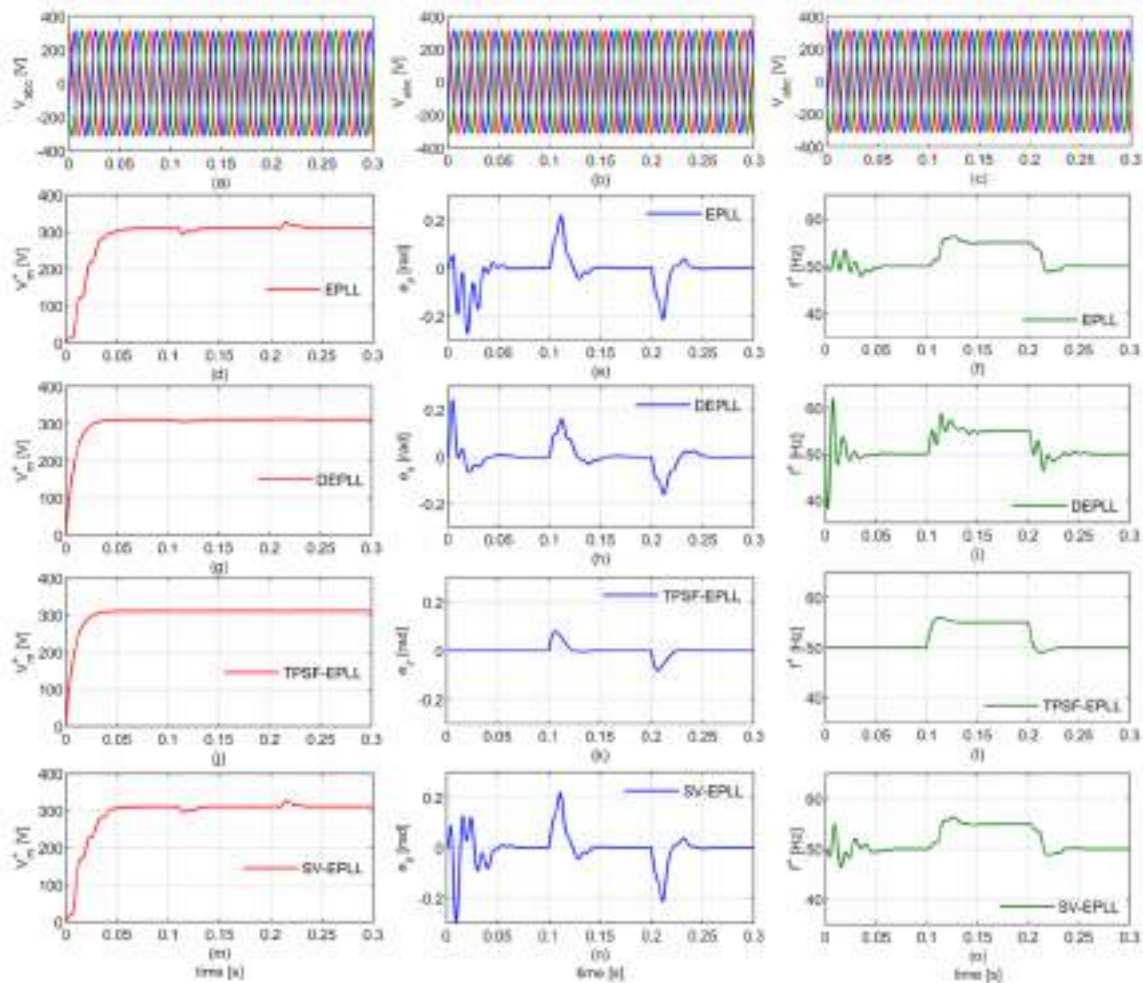


Figure 9. Amplitude, phase error and frequency estimation of the four EPLLs under variable frequency grid condition. (a)-(c) Three-phase grid voltages (V), (d)-(f) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for classical EPLL, (g)-(i) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for the DEPLL, (j)-(l) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for the TPSF-EPLL, (m)-(o) Amplitude (V), phase error (rad) and frequency (Hz) detection for the SV-EPLL.

CONCLUSION

In this paper, the EPLL and three-different EPLL structures are comparatively presented for three-phase grid synchronization. Based on the simulation findings, the performances of the EPLLs are compared under abnormal grid conditions. In case of unbalanced grid condition, all EPLL methods accurately give amplitude, phase angle and frequency of the grid voltages except for the TPSF-EPLL. In case of distorted grid condition, the classical EPLL and the SV-EPLL have a better immunity to harmonics than the DEPLL and the TPSF-EPLL due to the high pre-filtering capability. In case of variable frequency grid condition, all EPLLs achieve a good amplitude, phase and frequency tracking capability. However, the TPSF-EPLL may be the best choice under variable frequency grid condition by means of lower overshoot and synchronization time.

REFERENCES

- Bendrat, F., Chhor, J., & Sourkounis, C. (2017). Novel computation-efficient three-phase EPLL-based grid synchronization techniques considering power quality issues: *25th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)*, 787-793, Valletta, Malta.
- Blaabjerg, F., Teodorescu, R., Liserre, M., & Timbus, A. (2006). Overview of control and grid synchronization for distributed power generation systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 53(5), 1398-1409.
- Chhor, J., Manolioudakis, P., Bendrat, F., & Sourkounis, C. (2017). On the performance of space vector EPLL-based grid synchronization technique during power quality disturbances: *IECON 2017-43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 363-368, Beijing, China.
- Chung, S.-K. (2000). A phase tracking system for three phase utility interface inverters. *IEEE Transaction on Power Electronics*, 15(3), 431-438.
- Corbetta, G. (2015). Wind energy scenarios for 2030. *The European Wind Energy Association (EWEA)*.
- Retrieved August, 2015 from
<https://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/EWEA-Wind-energy-scenarios-2030.pdf>
- Karimi-Ghartemani, M., & Iravani, M. R. (2001). A new phase-locked loop (PLL) system: *Proceedings of the 44th IEEE 2001 Midwest Symposium on Circuits and Systems*, 421-424, Dayton, OH, USA.

- Karimi-Ghartemani, M., & Iravani, M. R. (2002). A nonlinear adaptive filter for online signal analysis in power systems: Applications. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 17(2), 617-622.
- Karimi-Ghartemani, M., & Iravani, M. R. (2004). A method for synchronization of power electronic converters in polluted and variable-frequency environments. *IEEE Transactions on Power Systems*, 19(3), 1263-1270.
- Karimi-Ghartemani, M. (2006). A novel three-phase magnitude-phase-locked loop system. *IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Regular Papers*, 53(8), 1792-1802.
- Karimi-Ghartemani, M., Khajehoddin, S. A., Jain, P. K., & Bakhshai, A. (2012). Derivation and design of in-loop filters in phase-locked loop systems. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 61(4), 930-940.
- Karimi-Ghartemani, M., Mojiri, M., Safaei, A., Walseth, J. A., Khajehoddin, S. A., Jain, P., & Bakhshai, A. (2013). A new phase-locked loop system for three-phase applications. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 28(3), 1208-1218.
- Karimi-Ghartemani, M. (2014a). Linear and pseudolinear enhanced phased-locked loop (EPLL) structures. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 61(3), 1464-1474.
- Karimi-Ghartemani, M. (2014b). *Enhanced phase-locked loop structures for power and energy applications*. Wiley-IEEE Press.
- Kaura, V., & Blasko, V. (1997). Operation of a phase locked loop system under distorted utility conditions. *IEEE Transaction on Industry Applications*, 33(1), 58-63.
- Kurt, G. (2011). Rüzgâr gücünün şebekeye entegrasyonunda arıza sonrası sisteme katkı yeteneği (frt)'nin farklı türbin-generatör üniteleri için incelenmesi: *Elektrik-Elektronik Sempozyumu*, 334-337.
- Luna, A., Rocabert, J., Candela, J. I., Hermoso, J. R., Teodorescu, R., Blaabjerg, F., & Rodriguez, P. (2015). Grid voltage synchronization for distributed generation systems under grid fault conditions. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 51(4), 3414-3425.
- Luo, S., & Wu, F. (2017). Improved two-phase stationary frame EPLL to eliminate the effect of input harmonics, unbalance, and DC offsets. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13(6), 2855-2863.
- Rodriguez, P., Luna, A., Ciobotaru, M., Teodorescu, R., & Blaabjerg, F. (2006). Advanced grid synchronization system for power converters under unbalanced and distorted operating conditions: *IECON 2006-32nd Annual Conference on IEEE Industrial Electronics*, 5173-5178, Paris, France.
- Teodorescu, R., Liserre, M., & Rodriguez, P. (2011). *Grid converters for photovoltaic and wind power systems*. Wiley-IEEE Press.
- Wu, F., Zhang, L., & Duan, J. (2015). A new two-phase stationary-frame-based enhanced PLL for three-phase grid synchronization. *IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Express Briefs*, 62(3), 251-255.

INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF OUTPUT BY USING MAGNETIC FLUIDS IN AIR GAPS FORMED IN THE CORE OF A SINGLE PHASE TRANSFORMER

Kübra KARTACA

Inonu University, Electrical Electronics Department, Malatya, Turkey
kubra.kartaca@gmail.com

Teymuraz ABBASOV

Inonu University, Electrical Electronics Department, Malatya, Turkey
teymuraz.abbasov@inonu.edu.tr

Teoman KARADAĞ

Inonu University, Electrical Electronics Department, Malatya, Turkey
teoman.karadag@inonu.edu.tr

İsmail Can DİKMEN

Inonu University, Electrical Electronics Department, Malatya, Turkey
can.dikmen@inonu.edu.tr

ABSTRACT: In this paper, by adding pure iron powder and ferromagnetic liquid to the openings in the body of industrial single phase 5W, 220/12 V reducer transformer, the effects and comparisons on the output voltages were made according to the first case reference. The results are supported with tables and graphs and supported by comparative graphs. Positive effects were observed on the output voltage of pure iron powder and ferromagnetic liquid transformer added to the body according to the reference transformer.

Key words: ferrofluid; transformer; magnetic particules; magnetic core

Tek Fazlı Transformatörün Nüvesinde Oluşturulan Hava Boşluklarında Manyetik Sıvı Kullanılarak Çıkış Karakteristiklerinin İncelenmesi

ÖZET: – Bu bildiride endüstriyel PCB tip tek fazlı 5W güç değerinde 220/12 V gerilim değerlerine sahip alçaltıcı transformatörün saç gövdesinde açılan boşluklara saf demir tozu ve ferromanyetik sıvı eklenerek, referans alınan ilk duruma göre çıkış gerilimleri üzerindeki etkileri ve kıyaslamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafiklerle aktarılmış olup, karşılaştırmalı grafiklerle desteklenmiştir. Referans transformatöre göre gövdeye eklenen saf demir tozu ve ferromanyetik sıvılı çalıştırılan transformatörde çıkış gerilimi üzerinde pozitif etkiler gözlemlenmiştir.

Anahtar sözcükler: ferrosıvı; ferromanyetik sıvı; transformatör; manyetik partiküller; manyetik çekirdek.

GİRİŞ

Günümüzde elektrik enerjisi sektörü ve mühendislik bilimlerinde transformatörler en kritik elemanların başında yer almaktadır. Kullanım amaçlarına göre birçok alt dallara ayrılan ve özel olarak dizayn edilen transformatörlerin geliştirilmesi, elektriksel kayıplarının minimize edilmesi ve daha yüksek verim alınması günümüz önemli mühendislik sorunlarından birini teşkil etmektedir. Özellikle manyetik nüvenin malzemesinin yüksek kaliteli, yüksek müknaatıslanma değerlerine sahip olması istenmektedir. Bu bağlamda malzeme biliminin çalışmaları olduğu gibi, tasarımsal olarak da iyileştirmelerin yapılp, metal gövde kaynaklı elektriksel kayıpların indirgenmesi olasıdır.

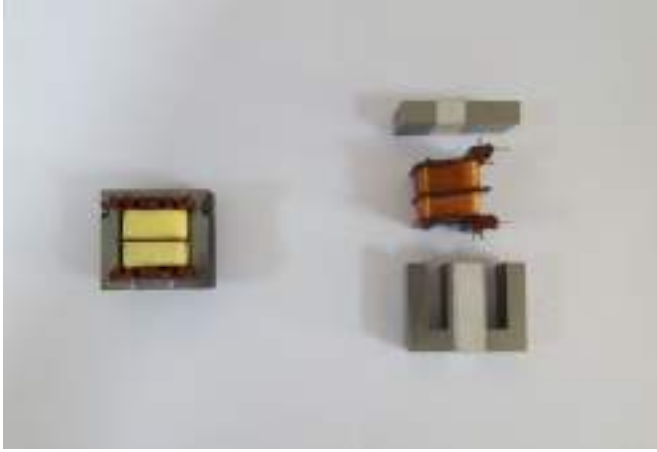
Elektromanyetik sistemler içinde ferromanyetik sıvıların kullanımı ve uygulamaları günümüzde önem kazanmaya başlamış ve oldukça yaygınlaşmıştır. Ferromanyetik sıvılar savunma sanayi, tıp, biyoloji, güç sistemleri, ağır sanayi gibi birçok endüstriyel alanda önemli bir yere sahiptir (Berkovski et al. 1993; Berkovski, Bashtovoï, and Unesco. 1996; Odenbach 2009; Lucian Pislaru-Danescu et al. 2013; R. E. Rosensweig 2014). Ferromanyetik sıvılar çeşitli taşıyıcı non-manyetik bazlar(ıso-parafın, yağ vb.) içeren, nano veya mikron boyuttaki ferromanyetik parçalardan oluşan kolloid bir yapıya sahiptir. Katı manyetik materyaller gibi müknaatıslanma özelliği taşımalarının yanı sıra ayrıca sıvı formda olması sebebiyle akışkan karakteristikleri sergilemesi önemli avantaj sağlamaktadır. Transformatörlerde nüve olarak ya da gövdenin belirli bir kısmında ferromanyetik sıvıların kullanılmasının elektriksel kayıpların daha az olması, transformatör gövdesinin daha hafif olması verimliliği ve uygulama kolaylığını arttıran önemli avantajlarındanır.

Bu çalışmada standart endüstriyel tip 220/12 V, 5W değerlerine sahip PCB tip transformatörün gövde kollarının her iki tarafında da 0.5 mm ve 1 mm olmak üzere yarıklar açılması ve bu iki değer için de yarıkların içi saf demir tozu ve ferromanyetik sıvı ile tamamlanarak her bir durum için ayrı ayrı çıkış gerilim karakteristikleri incelenmiş, sonuçlar tabloya aktarılmış ve grafiklerle karşılaştırılmıştır. Referans olarak alınan transformatörün ilk halinin çalışma değerleri ile deney sonuçları karşılaştırıldığında çıkış gerilim değerleri üzerinde tüm durumlarda bir değer artışı gözlemlenmiştir. Kullanılan manyetik sıvı sanayi ortamında (SIGMA HI-CHEMICAL INC) hazırlanmış ve ıso-parafın bazlıdır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafikler şeklinde sunulmuş ve tartışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Transformatör

VDE 0570 / EN 61558 Normuna göre üretilmiş tek fazlı, 220/12 V, 5W elektriksel değerlerine sahip PCB tip standart endüstriyel olarak üretilmiş transformatörler kullanılmıştır. Aynı değerlere sahip transformatörlerden birisi referans olarak tutulmuştur diğer transformatörd gövde kaynağı ve vernikleme işlemleri yaptırılmayıp, parçalarına ayrılabilir formda tutulmuştur. Kullanılan transformatörler Şekil 1'de gösterilmiştir. Kullanılan transformatörlerin gövdesini oluşturan saç plakaların kalınlığı 0.5 mm'dir.

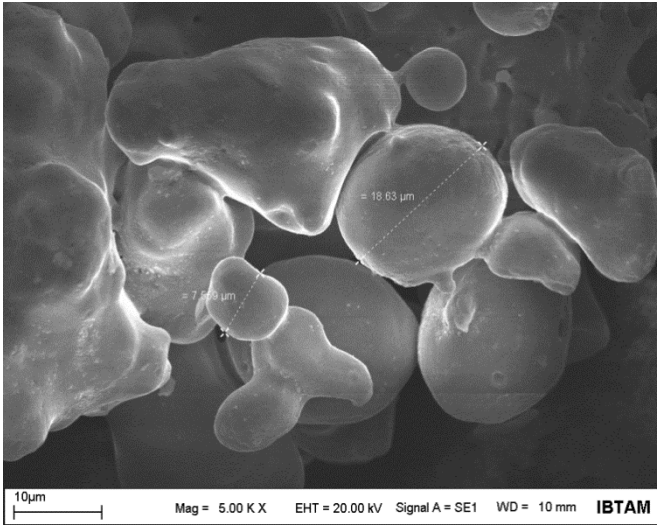


Mıknatıslanma Eğrisi

Şekil 15: Kullanılan Transformatörler. Referans transformatör (solda), Kaynaksız, demonte transformatör (sağda).

Saf Demir Tozu

Uygulamada kullanılan saf demir tozu (magnetit Fe_3O_4) mikropartikül boyutunda sanayi ortamında öğütülmüştür. Malzemenin elektron mikroskobu görüntüsü Şekil 2'de gösterilmiştir.

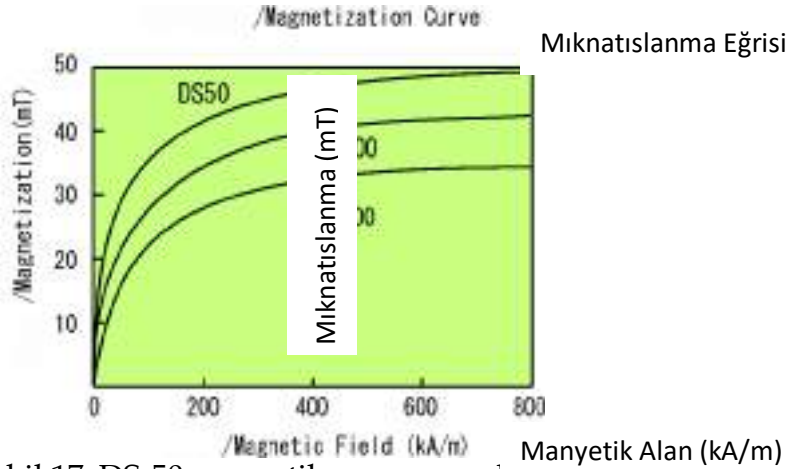


Şekil 16: Saf Demir Tozunun Elektron Mikroskobu Partikül Görüntüsü

Ferromanyetik Sıvı

Manyetik sıvılar 1960'lı yıllardan itibaren birçok bilim alanında kullanımları başlanmıştır (Berkovski et al. 1993; Odenbach 2009; Lucian Pislariu-Danescu et al. 2013; R. E. Rosensweig 2014). Günümüzde kullanım alanına ve ihtiyaçlara göre farklı taşıyıcı bazlarla yapılmış birçok tip ferromanyetik sıvılar kullanılmaktadır. Esasen nano ve mikro teknoloji sınıfına dâhil edilen manyetik sıvıların birçok sanayi alanında etkin olarak kullanımı görülmektedir. Yapılan deneylerde SIGMA HI-CHEMICAL INC firması tarafından üretilmiş DS-50 tipi, doyma mıknatıslanması $M_s=47\text{mT}$ olan manyetik sıvı kullanılmıştır. Bu sıvının mıknatıslanma eğrisi ve malzemenin görseli 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Manyetik sıvıların en önemli uygulamalarından biri de bu sıvıların transformatörlerin esas elemanı olan metal

çekirdeklerinin yerine kullanılabilmesidir (Chaudhari et al. 2012; Morega, Morega, and Dumitru n.d.; L. Pislaru-Danescu et al. 2013).



Şekil 17: DS-50 manyetik sıvısının miknatıslanma eğrisi (Sigma-MA-HC CO. n.d.)



Şekil 4: Sigma DS-50 Manyetik Sıvı

Bu çalışmada demonte transformatörün kolları üzerinde ilk olarak 0.5 mm'lik çift taraflı yarıklar açılarak boşluklara saf demir tozu ve ferromanyetik sıvı eklenerek her durum için ayrı ayrı çıkış gerilim değerleri gözlemlenmiştir. Daha sonra yarıklar 1 mm olarak açılarak aynı ölçümler her iki durum tekrar edilmiş ve son olarak tüm durumlar kıyaslanarak incelenmiştir.

UYGULAMA VE SONUÇLAR

Endüstride standart tip olarak kullanılan tek fazlı 220/12 V, 5W'lık PCB tipi transformatörlerden eşleş iki adet alınmıştır. Transformatörlerden birisine gövde kaynak ve vernikleme işlemleri uygulanmamıştır. Bu iki transformatöre uygulanan varyak kontrollü AC giriş gerilim değerine göre elde edilen çıkış gerilim değerleri ölçülüp Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Referans transformatör ve kaynaksız transformatörün reel çalışma gerilim değerleri.

Primer Uygulanan Gerilimi (V)	Sargılara Giriş	Referans Trafo Sekonder Sargı Çıkış Gerilimi (V)	Kaynaksız Trafo Sekonder Sargı Çıkış Gerilimi (V)
30		1.975	1.975
50		3.285	3.284
100		6.60	6.61
120		7.93	7.92
150		9.899	9.89
170		11.23	11.22
190		12.55	12.54
200		13.20	13.21

Tablo 1’den de görüldüğü üzere referans transformatör ile kaynaksız transformatörün çalışma değerleri neredeyse aynıdır.

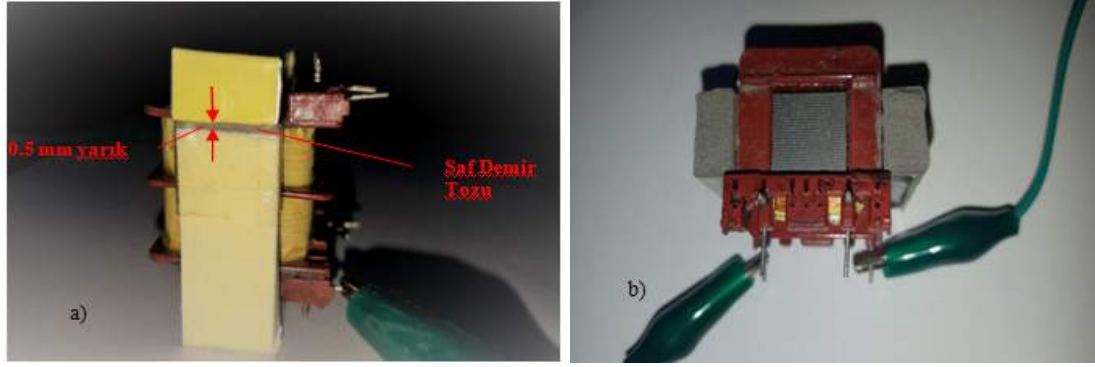
Deneyde ilk olarak gövdesi ayrı trafonun her iki kolunda 0,5mm lik hava boşluğu açılmıştır. Gövdesi fiziksel olarak tekrar birleştirip herhangi bir kaynak işlemi yapılmamıştır. Her iki kolunda da 0.5 mm hava boşluklu yarık bulunan transformatörün çalışma değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 4: Gövde kolları 0.5 mm hava boşluklu transformatörün çalışma gerilim değerleri

Primer Sargı Giriş Gerilimi (V)	Sekonder Sargı Çıkış Gerilimi (V)
30	1.677
50	2.839
100	5.744
120	6.97
150	8.70
170	9.87

Kaynaksız ve gövdesi hava boşluklu transformatörde primer sargıya 200 V AC gerilim uygulanmak istendiğinde sargılarda ciddi ısınma farkedildiği için trafıyı koruyabilmek adına maksimum 170 V AC gerilim uygulanmıştır. Isınan sargıların ölçüm değerlerini etkilememesi için trafo soğutulduktan sonra ölçümlere devam edilmiştir.

İki kolunda hava boşluğu bulunan transformatörde hava boşlukları saf demir tozuyla doldurulup gövde ve boyundurluk herhangi bir kaynak işlemi olmaksızın sadece fiziksel olarak tekrar birleştirilmiştir. Transformatörün hava boşluklarının demir tozuyla doldurulmuş ve ölçüme hazır hali Şekil.5’te verilmiştir.



Şekil 5. Gövde kollarının her iki tarafına 0.5 mm yarıklık açılıp saf demir tozu ile doldurulmuş transformatör. Transformatörün yan görünüşü (a). Yarıkların üstten görünüşü (b)

Gövde kollarındaki 0.5 mm hava boşluğu saf demir tozu ile doldurulan transformatörün reel çalışma gerilim değerleri Tablo. 3'te gösterilmiştir.

Tablo 5. 0.5 mm hava boşlukları saf demir tozuyla doldurulan transformatörün çalışma gerilim değerleri

Primer Sargı Giriş Gerilimi (V)	Sekonder Sargı Çıkış Gerilimi (V)
30	1.885
50	3.160
100	6.312
120	7.59
150	9.49
170	10.50
200	13.20

Daha sonra transformatör kollarındaki hava boşluğu 0.5 mm olarak sabit tutulup boşluktaki demir tozu temizlenerek yerine ferromanyetik sıvı şırınga yardımıyla yerleştirilmiştir. Ölçüm için hazırlanan ferromanyetik sıvılı transformatörün görseli Şekil 6'da gösterilmiştir.



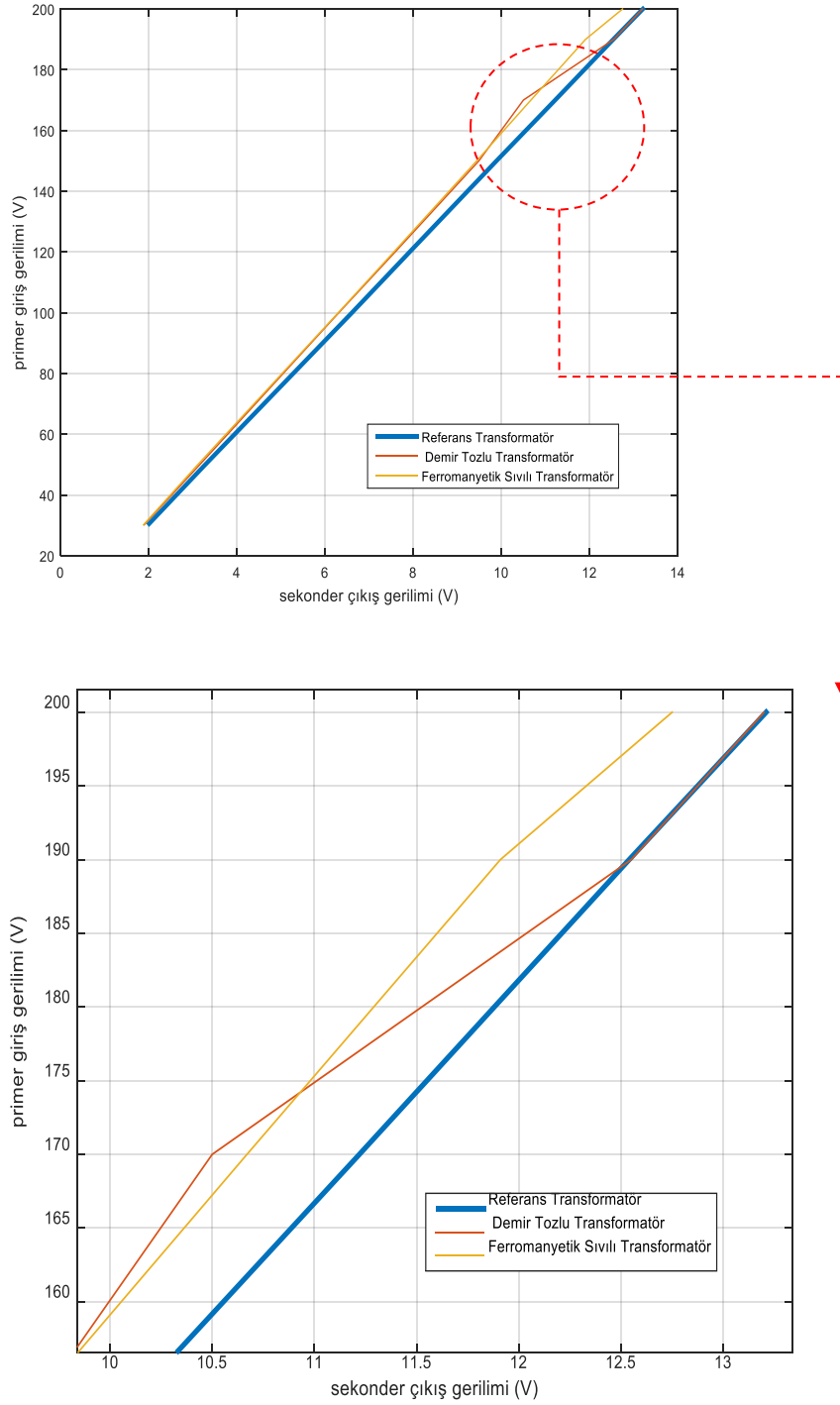
Şekil 6. Gövde kollarına ferromanyetik sıvı eklenen transformatörün üstten görünüşü.

Ferromanyetik sıvı ile doldurulan yarıkların üstü şeffaf bant ile kapatılarak transformatörün boyundurluk kısmı üstüne yerleştirildikten sonra primer sargıya varyak ile uygulanan giriş gerilim değerlerine göre elde edilen sekonder çıkış gerilim değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 6. 0.5 mm yarıkların ferromanyetik sıvı ile doldurulup elde edilen ölçüm sonuçları.

Primer Sargı	Giriş	Sekonder Sargı	Çıkış
Gerilimi (V)		Gerilimi (V)	
30		1.871	
50		3.115	
100		6.30	
120		7.56	
150		9.44	
170		10.67	
200		12.75	

Şekil 7'de referans alınan transformatörün Tablo 1'de verilen çıkış gerilim değerleri ile açılan yarıklara saf demir tozu ve ferromanyetik sıvı eklenerek yapılan ve sonuçları Tablo 3 ve Tablo 4 'te derlenen sekonder gerilim değerleri ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır.



Şekil 7: Referans çıkış gerilim değerleri ile yarıklara demir tozu ve ferromanyetik sıvı doldurularak yapılan ölçümlerin sekonder gerilimlerinin kıyaslanması.

TARTIŞMA

Yapılan deneyler sonucunda Şekil 7'den görüldüğü üzere referans transformatöre göre ferromanyetik sıvılı ve saf demir tozlu uygulamalar çıkış gerilimi üzerinde arttırıcı bir etki oluşturmıştır. Ayrıca gövde yarıkları herhangi bir maddeyle doldurulmadan yapılan ölçümlerde hava boşluğunda direncin artmasından dolayı ciddi ısınma sorunları gözlemlenmiştir. Primer sargıya 185 V AC'nin üstü uygulanan gerilim değerlerinde çıkış karakteristikleri saf demir tozu ile yapılan uygulamada referans trafo değerleriyle neredeyse aynı karakteristiği gösterirken, ferromanyetik sıvılı uygulamada sekonder çıkış karakteristiği artış göstermiştir.

Sanayide kullanılan büyük ölçekli trafolarla montaj, taşıma vb. zamanlarda oluşabilecek mekanik gövde hasarlanmalarında, hasarlı bölge olabiliğince rijit bir hale getirilip ferromanyetik sıvı veya demir tozu ile doldurularak gövde onarımının yapılabilineceği ve bu dolgu işleminin çıkış gerilim karakteristikleri üzerinde olumlu etki yaratabileceği elde edilen sonuçlardan öngörülmektedir. Ferromanyetik sıvı ile yapılabilir bu onarım ile ayrıca maliyet ve zaman anlamında da kazanımlar olacaktır. Bundan sonraki çalışmalarımızda farklı fiziksel yapıya ve manyetik özelliklere sahip manyetik sıvı nüveli transformatörlerin karakteristiklerinin incelenmesi sunulacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından "FLO-2017-706" proje numarasıyla desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Berkovski, B. M., V. G. Bashtovoi, and Unesco. 1996. *Magnetic Fluids and Applications Handbook*. Begell House, Inc. http://www.begellhouse.com/pt/ebook_platform/18615ad2638a73fd.html (October 10, 2018).
- Berkovski, B. M., V. F. (Vitali Fedorovich) Medvedev, M. S. (Mikhail Samuilovich) Krakov, and V. F. (Vitali Fedorovich) Medvedev. 1993. *Magnetic Fluids : Engineering Applications*. Oxford University Press. <http://cds.cern.ch/record/260793> (October 10, 2018).
- Chaudhari, Sushil, Shubhangi Patil, Rahul Zambare, and Sruti Chakraborty. 2012. "Exploration on Use of Ferrofluid in Power Transformers." In *2012 IEEE 10th International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials*, IEEE, 1-4. <http://ieeexplore.ieee.org/document/6318921/> (October 10, 2018).
- Morega, Alexandru Mihail, Mihaela Morega, and Jean Bogdan Dumitru. *MAGNETIC FIELD-FLOW INTERACTIONS IN A MINIATURE ELECTRIC POWER TRANSFORMER WITH MAGNETIC NANOFUID CORE AND SOLENOID TYPE COILS*. http://revue.elth.pub.ro/upload/194944Art03_AMMorega25-24.pdf (October 10, 2018).
- Odenbach, Stefan. 2009. *Colloidal Magnetic Fluids : Basics, Development and Application of Ferrofluids*. Springer Verlag. <https://books.google.com.tr/books?id=FohrCQAAQBAJ&dq=S.+Odenbach,+Devel>

opment+and+Application+of+Ferrofluids&lr=&hl=tr&source=gbp_navlinks_s
(October 10, 2018).

Pislaru-Danescu, L. et al. 2013. "Prototyping a Ferrofluid-Cooled Transformer." *IEEE Transactions on Industry Applications* 49(3): 1289–98.
<http://ieeexplore.ieee.org/document/6479700/> (September 9, 2018).

Pislaru-Danescu, Lucian et al. 2013. "Magnetic Nanofluid Applications in Electrical Engineering." *IEEE Transactions on Magnetics* 49(11): 5489–97.
<http://ieeexplore.ieee.org/document/6549142/> (October 10, 2018).

R. E. Rosensweig. 2014. *Ferrohydrodynamics* - R. E. Rosensweig - Google Kitaplar. Dover.
https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=ng_DAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=%5B1%5D%09R.E.+Rosenweig,+Ferrohydrodynamics,+Dover+Publications,+2014&ots=FngF4pvY7T&sig=2DBDR38k07Vf1B2WO2So-c5aMWM&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (October 10, 2018).

"SIGMA-HC CO." http://www.sigma-hc.co.jp/english/magnetic_fluid.html.

AN OVERVIEW OF BATTERY TECHNOLOGIES

İsmail Can DİKMEN

Inonu University, Electrical Electronics Department, Malatya, Turkey
can.dikmen@inonu.edu.tr

Kübra KARTACA

Inonu University, Electrical Electronics Department, Malatya, Turkey
kubra.kartaca@gmail.com

Teoman KARADAĞ

Inonu University, Electrical Electronics Department, Malatya, Turkey
teoman.karadag@inonu.edu.tr

Teymuraz ABBASOV

Inonu University, Electrical Electronics Department, Malatya, Turkey
teymuraz.abbasov@inonu.edu.tr

ABSTRACT: Electric vehicles are both environmentally friendly and they replace the vehicles with internal combustion engine. In this transition stage, hybrid vehicles, which incorporate both engine technologies, have been introduced. Both the states and the private sector have been conducting extensive research in the field of electric vehicle technologies that increase their importance day by day and allocate high R&D budgets to this issue. In our country, comprehensive studies have been initiated within the İnönü University in order to develop these technologies with domestic and national resources. In this study, producing the Turkish academic sources of battery technologies, which is the most important element of electric vehicle technologies, is a part of our study. For this reason, firstly conceptual definitions are given. Subsequently, the battery types were given in short definitions and the importance of battery management was discussed. Examples of the functions and possible topologies of the battery management systems are given. This study has been presented in order to contribute to the literature about the development of electric vehicle technology which is of strategic importance for our country with domestic and national resources. The main content of a product that will be elaborated in the future and will be presented to the use of academic and industry in a comprehensive manner.

Key words: battery management system, bms, bys, electric vehicles

BATARYA TEKNOLOJİLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

ÖZET: Elektrikli araçlar hem çevre dostu olmaları hem de maliyetleri ile içten yanmalı motora sahip araçların yerini almaktadır. Bu geçiş aşamasında her iki motor teknolojisini bir arada barındıran hibrit araçlar piyasaya çıkmıştır. Gün geçtikçe önemini arttıran elektrikli araç teknolojileri konusunda gerek devletler gerekse özel sektör geniş çaplı araştırmalar yapmakta ve bu konuya yüksek Ar-Ge bütçeleri ayırmaktadırlar. Ülkemizde de bu teknolojilerin yerli ve milli imkânlarla geliştirilmesi

maksadıyla İnönü Üniversitesi bünyesinde kapsamlı çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışma ile elektrikli araç teknolojilerinin en önemli ögesi olan batarya teknolojileri konusunda Türkçe akademik kaynaklar üretmek çalışmamızın bir parçasını oluşturmaktadır. Bu nedenle öncelikle kavramsal tanımlara yer verilmiştir. Takiben batarya çeşitleri kısa tanımlarıyla verilmiş ve batarya yönetiminin önemi ele alınmıştır. Batarya yönetim sistemlerinin sahip olması gereken fonksiyonlar ve muhtemel topolojilere örnekler verilmiştir. Ülkemiz açısından stratejik öneme sahip olan elektrikli araç teknolojisinin yerli ve milli imkânlarla geliştirilmesi konusunda literatüre katkı yapmak amacıyla sunulan bu çalışma; gelecekte detaylandırılarak kapsamlı bir halde akademik ve sanayinin kullanımına sunulacak bir ürünün temel içeriğini oluşturmaktadır.

Anahtar sözcükler: batarya yönetim sistemi, bms, bys, elektrikli araçlar

GİRİŞ

Ulaşım her zaman insanların çözmesi gereken önemli bir sorun olmuştur. Bunun çözüm olması adına insanlık ulaşım için çeşitli teknolojiler geliştirmiştir. 1769'da, ilk kendinden tahrikli araç Fransız mühendis ve tamirci Nicolas Joseph Cugnot tarafından icat edilen bir askeri traktördür (Manwaring, 1966). Zaman içerisinde toplumun pek çok kesimi tarafından ulaşımında kendinden tahrikli araçların kullanılabilmesi konusuna olan ilgi artmıştır. Artan ilgi sayesinde dünyanın ilk seri üretilen otomobili Ford Model T (1908-1927) görece kısa bir zaman içerisinde piyasaya çıkmıştır. O zamandaki rakiplerine göre dayanıklı ve ucuz olduğu için çok ilgi görmüştür (Callihan, 2010). Bu gelişmeler otomotiv endüstrisinde domino etkisi yaratmıştır ve piyasada son kullanıcıya sunulan marka/model çeşitlerinin artmasını sağlamıştır. Sonuç olarak, bu teknik ve ticari gelişmeler otomobil endüstrisiyle kaçınılmaz olarak etkileşime giren otomobil pazarını canlandırmıştır. 19. yüzyılın başlarında, otomobillerde buhar hala bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktaydı. Takiben içten yanmalı motorların geliştirilmesiyle birlikte, benzin ana enerji kaynağı olarak buharın yerini almıştır. Ulaşımında fosil yakıtların kullanımının artması beraberinde problemleri getirmiştir. Özellikle 19. yüzyılın ortalarında benzine kurşun katılması ve bunun insan sağlığı üzerindeki etkileri otomotiv endüstrisi hakkında ilk kaygıları tetiklemiştir (Bryson, 2003). Bütün bunlara ek olarak otomobillerin saldıkları yanma gazlarının çevre ve sağlık üzerine etkileri gelişmekte olan toplumlarda kaygı yaratmıştır. Bu kaygıları değerlendiren dönemin bazı bilim insanları elektrikli araçları daha temiz bir alternatif olarak görmüşlerdir (Chan, 2013). Ancak elektrik enerjisini depolamak, o zaman için henüz üstesinden gelinebilen büyük bir teknik problem idi. Günümüzün önde gelen yöneticileri, politikacıları ve şirketleri bu teknolojinin halen olgunlaşmamış olmasından dolayı elektrikli araç teknolojisine temkinli yaklaşmaktadırlar. Oysa ilk batarya çok uzun bir zaman önce, 1799 yılında Antonio Anastasio Volta tarafından yapılmıştır (Guarnieri, 2014). Ayrıca, bugünün batarya teknolojisinin bel kemiği olan lityum, 1817'de İsveçli kimyacı Johan Arfwedson tarafından keşfedilmiştir (Johnson, 1984).

Elektrikli bir araç, depolanan elektrik enerjisini kullanan bir veya daha fazla elektrik motoru tarafından güç verilen araçlardır. Bu perspektiften, elektrikli araçları mümkün

kılan en temel teknolojinin 1821'de Michael Faraday tarafından geliştirildiğini söylemek yanlış olmaz (Al-Khalili, 2015).

İlk bataryalı elektrikli araç modeli, 1835 yılında Hollandalı Profesör Stratingh tarafından geliştirilmiştir (Chan, 2013). Elektrikli arabalar 19. ve 20. yüzyılın sonlarında oldukça popülerdi, ancak içten yanmalı motor teknolojisindeki ilerlemeler, düşük benzin fiyatları ve elektrik enerjisinin verimli bir şekilde depolanamaması nedeniyle ulaşım araçlarında elektrik motorlarını kullanmak pratik değildi. Zamanla, elektrik motorların ve bataryaların geliştirilmesi konusundaki başarılar elektrikli araç teknolojilerini beraberinde getirmiştir. 21. yüzyılın başında hem elektrikli motor teknolojisi hem de lityum pil teknolojisi, elektrikli araçların rekabetçi verimlilik oranlarına sahip olmasını sağlayacak kadar gelişmiştir (DeLuchi, Wang, & \vSperling, 1989). Bu da elektrikli araçların menzil, tüketim ve çevrecilik özelliklerini arttırmıştır. Bu özellikler de müşterilerin araba alırken elektrikli bir araba mı yoksa içten yanmalı bir araba mı kararını etkileyen en önemli nedenlerdir (Gorzalany, 2015).

Elektrikli araçların geliştirilmesi için en kritik teknoloji pil teknolojisidir. Pil teknolojisi, lityum tabanlı piller sayesinde son yirmi yılda hızlı bir şekilde gelişmiştir. Lityum piller ilk olarak 1970'lerde keşfedilmiştir (S Basu et al., 1979; US 4304825, 1981; US3922174A, n.d.; Besenhard & Eichinger, 1976; Eichinger & Besenhard, 1976; Godshall, Raistrick, & Huggins, 1980; Whittingham, 1976; Zanini, Basu, & Fischer, 1978). 1991 yılında ise Sony Electronics ve Asahi Kasei, ilk ticari Li-ion hücrelerini piyasaya sürmüşlerdir. Bu hücreler, dizüstü bilgisayarlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştı (Nagaura & Tozawa, 1990).

Lityum piller, elektrik depolama yeteneğini veren kimyasal özellikleri nedeniyle büyük bir potansiyele sahip olmalarına rağmen, yine bu kimyasal özellikler nedeniyle tehlikeli de olabilmektedirler. Fiziksel zorlamalar veya uygun olmayan şarj-deşarj bir lityum hücrenin yüksek miktarda enerji açığa çıkarmasına neden olabilir. Bu enerjinin çok büyük bir kısmı ısı formunda açığa çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu ısı sebebiyle anot ve katot arasında bulunan membran veya bataryanın ambalaj malzemesi hasar görebilir. Sonuç olarak lityum ve oksijen arasındaki temas yanma bir reaksiyonunu oluşturur, hücreler yanabilir veya patlayabilir (Meier & Kennedy, n.d.). Bu güvenlik sorunları göz önüne alındığında, lityum pillerin düzgün yönetimi, yaygın kullanımı için engel teşkil eden en önemli problemdir. Kullanım güvenliği, uzun batarya ömrü ve sağlamlık için mutlaka bir kontrol sistemi kullanılmalıdır. Bu sistemlere Batarya Yönetim Sistemi (BYS) denir. BYS tanımı uygulama alanına bağlı olarak farklılık gösterebilirken, temel görevleri aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Bergveld, 2001):

Aracın enerji gereksinimi karşılamak için batarya enerjisinin optimize edilmesi
Bataryaların elektriksel ve ısısal anlamda kontrol edilmesi, zarar görmelerinin engellenmesi

Bataryaların şarj vedeşarj işlemlerini izleme ve kontrol etme.

Kısacası, BYS, bataryaları veya batarya paketlerini önceden tanımlanmış bir akım, gerilim ve sıcaklık zarfı içinde çalışmak üzere sınırlayan sistemlerdir. Bu çalışma, özellikle dilimizde yaygın kaynak bulunmayan batarya yönetim sistemleri konusunda yapmakta olduğumuz daha geniş kapsamlı bir çalışmanın bölümü olarak yayınlanmıştır.

KAVRAMSAL TANIMLAR

Bu bölümde elektrikli araçların batarya sistemleri üzerine yapılan çalışmaların daha kolay anlaşılması ve genel olarak hibrit, plug-in hibrit ve elektrikli araçlar için kullanılan batarya teknolojilerini tanımlamak, sınıflandırmak ve karşılaştırmak için kullanılan terminolojiye yönelik olarak tanımlar ele alınmıştır (Ogura & Kolhe, 2017).

Batarya Temel Kavramları

Hücre, Modül ve Paketler

Hibrit ve elektrikli araçlar, seri ve paralel olarak düzenlenen ayrı modüller ve hücrelerden oluşan yüksek voltajlı bir bataryaya sahiptir. Bir hücre, bir bataryanın alabileceği en küçük, paketlenmiş formdur ve genellikle bir ile altı volt arasındadır. Bir modül, genellikle seri ya da paralel olarak bağlanan birkaç hücreden oluşur. Bir batarya paketi daha sonra tekrar seri veya paralel olarak modülleri birbirine bağlanarak oluşturulur.

Hibrit Batarya Paketi

Elektrikli araçlarda kullanılan enerji depolama sistemleri fiziksel veya kimyasal olarak farklı özelliklerde olabilmektedirler. Böyle farklı özellikteki hücrelerin veya modüllerin bir arada kullanılması ile elde edilen batarya paketleri hibrit batarya paketleri olarak adlandırılmaktadırlar.

Batarya Sınıflandırmaları

Bataryalar eşdeğer olarak üretilmez, hatta aynı kimyaya sahip bataryalar bile aynı özelliklere sahip değildir. Batarya geliştirmedeki esas hâsıla ve maliyet dengesi, güç ve enerji arasındadır: piller ya yüksek güçte ya da yüksek enerjili olabilir, her ikisi birden olamaz. Çoğu zaman üreticiler bazı kategorileri kullanarak bataryaları sınıflandırır.

C ve E Oranları

Bataryalar tanımlanır veya açıklanırken, deşarj akımını akü kapasitesine göre normalize etmek için sıklıkla C-oranı olarak ifade edilir. Bir C-oranı, bir bataryanın maksimum kapasitesine göre deşarj hızının bir ölçüsüdür. Örnek olarak 1C, deşarj akımının tüm aküyü 1 saatte boşaltacağı anlamına gelir. 100 A/saat - kapasiteli bir batarya için bu, 100 A'lık bir deşarj akımına eşittir. Aynı batarya için 5C'lik bir oran 500 A olacak ve C/2 50A e karşılık gelecektir. Benzer şekilde, bir E oranı deşarj gücünü açıklar. 1E oranı 1 saat içinde aküyü tamamen boşaltmak için gereken deşarj gücüdür.

Batarya Durumsal Kavramları

Şarj Durumu (SOC) (%)

Bataryanın mevcut kapasitesinin maksimum kapasitesine yüzde olarak oranıdır. SOC, genellikle zaman içinde batarya kapasitesindeki değişikliği belirlemek için akım integrasyonu kullanılarak hesaplanır. İntegral alınırken meydana çıkan hataları giderebilmek için regresyon tabanlı pek çok algoritma geliştirilmiştir (Li, Huang, Liaw, & Zhang, 2017).

Deşarj Derinliği (DOD)(%)

Bataryanın deşarj edilen miktarının maksimum kapasitesine yüzde cinsinden oranı olarak ifade edilir. En az %80 DOD bir deşarj derin bir deşarj olarak adlandırılır.

Terminal Voltajı (V)

Yük ile batarya terminalleri arasındaki gerilimdir. Terminal voltajı SOC ve deşarj/şarj akımı ile değişir.

Açık Devre Gerilimi (V)

Yüksüz akü terminalleri arasındaki gerilimdir. Açık devre voltajı SOC'a bağlıdır ve SOC arttıkça artar.

İç Direnç (Ω)

Batarya elektromekanik özelliklerinden kaynaklanan dirençtir. Genellikle şarj ve deşarj için farklıdır, ayrıca batarya şarj durumuna da bağlıdır. İç direnç arttıkça, batarya verimi düşer ve şarj enerjisinin daha fazla ısıya dönüşmesiyle termal denge azalır.

Batarya Teknik Özellikleri ile İlgili Kavramlar

Nominal Gerilim (V)

Bataryanın bildirilen veya referans voltajıdır. Bataryanın "normal" voltajı olarak düşünülebilir. Paketi üzerinde yer alan değerdir.

Kesme Gerilimi (V)

Minimum izin verilen gerilimdir. Genellikle bataryanın "boş" durumunu tanımlar.

Kapasite veya Nominal Kapasite (Belirli bir C oranı için Ah)

Yük ölçümsel kapasitedir. Bataryanın belirli bir deşarj akımında (C-oranı olarak belirtilir) yüzde 100 şarj seviyesinden kesme gerilimine kadar deşarj olması durumunda elde edilen toplam kapasitedir. Amper-saat olarak ifade edilir. Kapasite, deşarj akımının (amper cinsinden) deşarj süresiyle (saat cinsinden) çarpılmasıyla hesaplanır ve artan C-oranı ile azalır.

Enerji veya Nominal Enerji (Wh (belirli bir C oranı için))

Bataryanın "enerji kapasitesi", belirli bir deşarj akımında (C-oranı olarak belirtilir) %100 şarj seviyesinden kesme gerilimine kadar deşarj olduğunda ortaya çıkan enerjinin Watt-saat cinsinden toplamıdır. Enerji, deşarj gücünü (Watt cinsinden) deşarj süresiyle (saat cinsinden) çarpılarak hesaplanır. Kapasite gibi, artan C-oranı ile enerji azalır.

Döngü Ömrü

Batarya, belirli performans ölçütlerini karşılamada başarısız olmadan önce yapabileceği deşarj döngüsünü rakamsal olarak ifade eder. Döngü ömrü belirli bir şarj ve deşarj koşulları için tahmin edilmektedir. Bataryanın gerçek kullanım ömrü, şarj-

deşarj döngülerinin hızı, derinliği, sıcaklık ve nem gibi diğer koşullardan etkilenir. Ne kadar çok derindeşarj işlemi yapılırsa bataryaların döngü ömürleri o oranda kısalır.

Özgül Enerji (Wh/kg)

Birim kütle başına nominal batarya enerjisi, bazen ağırlıksal (gravimetrik) enerji yoğunluğu olarak da adlandırılır. Özgül enerji, batarya kimyasının ve paketinin karakteristik bir özelliğidir. Aracın enerji tüketimi ile birlikte, belirli bir menzil için gerekli olan batarya ağırlığını belirler.

Özgül güç (W/kg)

Birim kütle başına maksimum kullanılabilir güç miktarını ifade eder. Özgül güç, pil kimyasının ve paketinin karakteristik bir özelliğidir. Belirli bir performans hedefine ulaşmak için gereken batarya ağırlığını belirler.

Enerji Yoğunluğu (Wh/L)

Birim hacim başına nominal batarya enerjisini ifade eder. Bazen hacimsel (volumetrik) enerji yoğunluğu olarak da adlandırılır. Enerji yoğunluğu, batarya kimyasının ve paketinin karakteristik bir özelliğidir. Aracın enerji tüketimi ile birlikte, belirli bir menzil için gerekli olan batarya boyutunu belirler.

Maksimum Sürekli Deşarj Akımı

Akünün süreklideşarj edilebileceği maksimum akımdır. Bu sınır genellikle, bataryaya zarar verecek veya kapasitesini azaltacak aşırıdeşarj oranlarını önlemek için batarya üreticisi tarafından tanımlanır. Motorun maksimum sürekli gücü ile birlikte, aracın sürdürülebilir en yüksek hızını ve ivmelenmesini tanımlar.

Maksimum 30 Saniyede Deşarj Darbe Akımı

Akünün 30 saniyeye kadar olan darbeler içindeşarj edilebileceği maksimum akımdır. Bu sınır genellikle, bataryaya zarar verecek veya kapasitesini azaltacak aşırıdeşarj oranlarını önlemek için batarya üreticisi tarafından tanımlanır. Elektrik motorunun gücü ile birlikte aracın ivmelenme performansını (0-100 km/saat) tanımlar.

Şarj gerilimi

Tam kapasiteye kadar şarj edilmiş akünün voltajdır. Şarj şemaları genellikle şarj voltajına ulaşan akü voltajına kadar sabit bir akım şarjından, daha sonra sabit voltaj şarjından oluşur ve şarj akımının çok küçük olana kadar şarjın devam etmesini sağlar. Şarj akımı önceden belirlenen noktaya kadar azaldığında şarj durdurulur.

Şarj akımı

Sabit voltaj şarjına geçmeden önce bataryanın başlangıçta (yaklaşık olarak yüzde 70 SOC'ye kadar) şarj edildiği ideal akımdır. Şarj akımı limiti(CCL) ise belirlenmiş en yüksek şarj akım değeridir. Sistem bu limitim üzerine çıkamaz. Deşarj için belirlenen limit de deşarj akım limiti(DCL) olarak adlandırılır.

Yavaş Şarj Voltajı

Bataryayı tam şarjlı olarak tutmak için, bir DC enerji kaynağı ile yapılan şarjdaki gerilim değeridir. Yani bataryanın kendi kendine deşarjını telafi ederek kapasiteyi korumak için akünün %100 şarj edilmesinden sonra enerjisini muhafaza için gereken gerilimdir.

BATARYA ÇEŞİTLERİ

Kurşun Asit Aküsü

Kurşun asit aküsü en eski teknolojidir. İçten yanmalı araçlar ve yedek güç kaynakları (Kesintisiz Güç Kaynağı veya UPS, istasyon) için başlangıçta (tipik olarak, 12 V, 40 Ah pil) başlayan 30-50 Wh / kg enerji yoğunluğu ve 2 V hücredeki voltaja sahiptir. Bu tip pillerin ucuz, düşük kendinden deşarjlı ve yüksek şarj ve deşarj sıcaklığına toleranslı oluşu gibi avantajları vardır. Dezavantajlar arasında düşük enerji yoğunluğu, sınırlı ömür ve yavaş şarj vardır.

Nikel Tabanlı Pil

Nikel-metal hidrit (NiMH) batarya 1990'lı yıllarda elektrikli araçlar (EV) için ve 2000'li yıllarda sırasıyla kanıtlanmış emniyet ve fiyat nedeniyle Hibrit Elektrikli Araç (HEV) uygulamaları için tercih olmuştur. Bununla birlikte, dezavantajlar, yüksek kişisel deşarj oranı, hücre başına düşük voltaj (1.2V) ve bellek etkisi (nikel kadmiyum ve nikel-metal hidrid yeniden şarj edilebilir pillerde daha az şarj tutmalarına neden olan bir etki) 'dir. Diğer nikel bazlı piller Nikel Kadmiyum (NiCd) pillerdir. NiCd, döngü başına daha düşük bir maliyet (yaklaşık 0.04 dolar) ve NiMH'den (yaklaşık 2000 döngü) daha uzun ömürlü olmasına rağmen, NiCd pilinin kompleks geri dönüşüm prosedürü gerektirdiği dezavantajları vardır ve daha yüksek bellek efekti yüzünden yavaş yavaş NiMH 'lerve Li-On piller ile değiştirilmiştir.

Lityum-Tabanlı Pil

Lityum iyon (Li-ion) pil dizüstü bilgisayarlarda, cep telefonlarında ve diğer taşınabilir elektronik cihazlarda sürekli kullanılmaktadır. 3.6V'luk yüksek gerilim hücresi, Kurşun-asit ve Nikel bazlı pillere kıyasla, daha az hücreden güç uygulamak için genellikle yeterlidir. Bunlar, uygulamanın enerji yoğunluğunun ve hafifliğinin ana kaygıları olan uygulamalar için seçilirler. Yüksek enerji yoğunluğunun, uzun çevrim ömrünün ve düşük kendi kendini boşaltma hızının özellikleri, Lityum iyonu EV için

en iyi aday kılmaktadır. Dezavantajları, voltaj ve akımı sınırlandırmak için yüksek maliyet ve koruma gereksinimi içeriyor oluşudur. Tesla gibi birçok EV üreticisi, mevcut kapasite yüzdesi olarak tanımlanan pil sıcaklığı, akım, voltaj ve şarj durumunu (SOC) izlemek ve kontrol etmek için gelişmiş Batarya Yönetim Sistemi (BYS) ve şarj teknikleri kullanır. Genellikle Li-ion piller, katot malzemelerine dayanan beş farklı kategoriye sahiptirler. Bunlar; Li-Kobalt (LCO), LiMangan (LMO), Li-Fosfat (LFP), Lityum Nikel mangan Kobalt Oksit (NMC), Lityum Nikel Kobalt Alüminyum Oksit (NCA) ve Li-Titanat (LTO) pillerdir. Performansı artırmak için LMO yaygın olarak NMC ile karıştırılır. Fosfat bazlı piller, tüm Li-ion piller arasında en güvenliştir. Bununla birlikte, Li-Kobalt tipi pillerden daha az enerji yoğunluğu içerir ve daha yüksek enerji ile ilgili maliyeti vardır. Fosfat bazlı lityum iyon pil, sürdürülebilir bir hız ve ivme sağlayan, SOC'ye kadar maksimum deşarj hızı sunar. Tablo 1'de lityum tabanlı pillerin kendi arasındaki kıyaslaması verilmiştir.

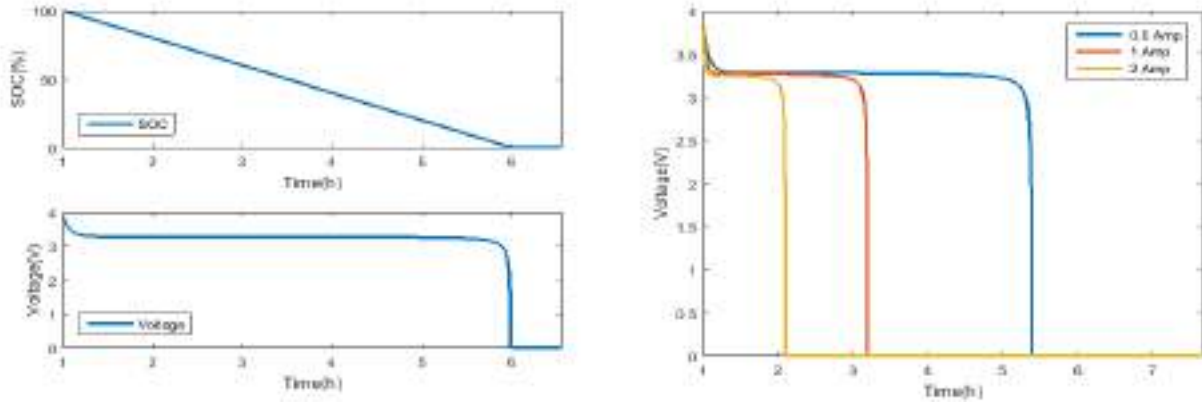
Teknoloji	$LiFePO_4$	$LiCoO_2$	$LiMn_2O_4$	$Li(NiCo)O_2$	Li_2S
Güvenlik	En güvenli	Stabil değil	Kabul edilebilir	Stabil değil	Güvenli
Çevreye Duyarlılık	En çevre dostu	Çok tehlikeli	Kabul edilebilir	Çok tehlikeli	Sülfür nedeniyle zararlı
Çevrim Ömrü	En iyi	Kabul edilebilir	Kabul edilebilir	Kabul edilebilir	Kabul edilebilir
Güç/ağırlık yoğunluğu	Kabul edilebilir	İyi	Kabul edilebilir	İyi	En iyi
Uzun dönemde maliyet	En ekonomik	Yüksek	Kabul edilebilir	Yüksek	???
Sıcaklık aralığı	Çok iyi (-20°C ... 70°C)	(-20°C ... 55°C)	50 °C üzerinde performans çok düşer	-20°C ... 55°C	-20°C ... 65°C

Tablo 18. Lityum-İyon Batarya Tiplerinin Karşılaştırılması (Battery University, 2016)

	LCO	LMO	NMC	LFP	NCA	LTO
Hücre Voltajı	3.6V	3.7V	3.6-3.7V	3.2V	3.6V	2.4V
Enerji Yoğunluğu (Wh/Kg)	150-200	100-150	150-220	90-120	200-260	70-80
Deşarj Hızı	< 1C	1C - 10C	1C-2C	1C-25C	<1C	10C-30C
Çevrim Ömrü	500-1000	300-700	1000-2000	1000-2000	500	3000-7000
Uygulama	Cep Tel. Tablet	El Alet, Tıp	E-bike, EV	EV, E-bike, Telco	Tıp, Endüstri	UPS, EV

Tablo 19. Lityum Batarya Kimyalarının Parametrik Kıyaslanmaları (Battery University, 2016)

Tablo 2'de ise Lityum batarya kimyalarının parametrik olarak karşılaştırılması verilmiştir. Lityum bir pilin şarj-deşarj karakteristiklerini incelemek için MATLAB Simulink programında modellenen detaylı bir sistemin verdiği grafiksel sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.



Tablo 22. Modellenen Lityum Pilin Şarj-Deşarj Karakteristikleri (Dikmen, 2018)

Redoks Akışlı Pil

Akım pili olarak adlandırılan diğer oldukça genç bir teknoloji (redoks akış bataryası (RFB) olarak da bilinir) araştırmaları devam etmektedir. Normal hücre voltajı 1.15 V ile 1.55 V arasındadır. RFB'ler çok sayıda derin şarj ve deşarj döngüsü gerektiren (10,000'den fazla döngüden enerji yoğunluğu olan uygulamalar) işlemek üzere tasarlanmıştır. Konvansiyonel piller, derin çevrim taşıma yeteneği göz önüne alındığında, çoklu saat deşarj döngüsünü, özellikle de 1000 derece derin deşarj döngüsü sağlamak için tasarlanmamıştır. 100 MW 10 saatlik bir deşarj uygulaması, 10 saatlik bir deşarj üretmek için çok sayıda aktif olmayan konvansiyonel hücreler seti ile birlikte çok sayıda pil hücresi gerektirecektir.

Fütüristik Batarya Türleri

Laboratuvar ortamında çalışmaları hâlihazırda sürdürülen yeni batarya türleri de mevcuttur. Deneysel piller çoğunlukla korunaklı laboratuvarlarda çalışmakta ve genellikle yatırımcıları ikna etmek için gelecek vaat eden raporlarla dış dünyaya lanse edilmektedirler. Çoğu konsept pil gerçekçi olmayan sonuçlar göstererek tarih sahnesinden kaybolmaktadır. Bunlardan en umut verici deneysel pillerden bazıları mevcut lityum-iyon teknolojileriyle mümkün olandan çok daha fazla enerji depolamayı vaat eden Lityum-Hava (Li-Air) piller, uzun süre yüksek enerji ve iyi yükleme kapasitesi nedeniyle gelecekteki şarj edilebilir pil olarak görülen Lityum-Metal (Li-Metal) piller, normal Li-ion ile karşılaştırıldığında iki kat daha fazla enerji depolamayı vaat eden Katı Hal Lityum piller, Li-iyonun yaklaşık üç katı kadar çok yüksek özgül bir enerji sunan ve çevre dostu olan Lityum- Sülfür (Li-S) piller, sodyum ucuz ve hali hazırda mevcut olduğu için Li-ion pillerden daha düşük maliyetli bir alternatif olan Sodyum-İyon (Na-Ion) pillerdir (Battery University, 2018). Henüz konsept çalışmalarının devam ettiği bu pillerin çoğu, teorik bir dünyada harika bir şekilde işlev görür fakat çoğu Octagon Bataryası'nın sekiz temel gereksinimini karşılayamaz. Kısa çevrim ömrü ve sınırlı yük akımları çoğu zaman bu atılımların ticarileşmesini önüne geçen en büyük etkindir.

BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ

Batarya yönetim Sistemi (BYS) tanımı uygulama alanına bağlı olarak farklılık gösterebilirken, temel görevleri aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Bergveld, 2001):

Aracın enerji gereksinimi karşılamak için batarya enerjisinin optimize edilmesi
Bataryaların elektriksel ve ısıt anlamda kontrol edilmesi, zarar görmelerinin engellenmesi

Bataryaların şarj ve deşarj işlemlerini izleme ve kontrol etme.

Kısacası, BYS, bataryaları veya batarya paketlerini önceden tanımlanmış bir akım, gerilim ve sıcaklık zarfı içinde çalışmak üzere sınırlayan sistemlerdir. Bu bağlamda batarya yönetim sistemlerini daha detaylı incelenirse işlevi(fonksiyonları), izleme, hesaplama kabiliyeti, iletişim ve optimizasyon başlıkları altında ele alınabilirler.

Fonksiyonlar

İzleme

Bir BYS, bataryanın durumunu aşağıda açıklanan öğeler bakımından izleyebilir:

Gerilim: Toplam gerilim, tek tek hücrelerin gerilimleri, minimum ve maksimum hücre gerilimleri.

Akım: Bataryaya giren veya çıkan akım

Sıcaklık: Ortalama sıcaklık, soğutma sıvısı emme sıcaklığı, soğutucu çıkış sıcaklığı veya tek tek hücrelerin sıcaklıkları.

Bataryanın şarj seviyesini göstermek için şarj durumu (SOC) veya deşarj derinliği (DOD)

Sağlık durumunun (SOH), bataryanın kalan kapasitesinin, orijinal kapasitenin %'si olarak

Güç durumu (SOP), mevcut güç kullanımı, sıcaklık ve diğer koşullar göz önüne alınarak belirli bir zaman aralığı için mevcut olan güç miktarı

Soğutma sıvısı akışı: hava veya sıvı soğutmalı piller için

Hesaplama

Ek olarak, bir BMS, yukarıdaki öğelere dayalı olarak bazı değerleri hesaplayabilmelidir. Örnek olarak:

Bir şarj akımı limiti (CCL) olarak maksimum şarj akımı

Bir deşarj akımı limiti (DCL) olarak maksimum deşarj akımı

Enerji [kWh] son şarj veya şarj döngüsünden beri üretilen

Bir hücrenin iç direnci (açık devre voltajını belirlemek için)

Enerji [Ah] depolanan veya verilen (bazen bu özellik Coulomb sayacı olarak adlandırılır)

İlk kullanımdan itibaren verilen toplam enerji

İlk kullanımdan itibaren toplam çalışma süresi

Toplam ömür döngüsü sayısı

İletişim

Bir BMS'nin merkezi kontrolörü, hücre seviyesindeki donanımıyla veya harici olarak dizüstü bilgisayarlar veya HMI gibi yüksek seviyeli donanımlarla iletişim kurar.

Üst düzey harici iletişim basittir ve birkaç yöntem kullanır:

Çeşitli seri haberleşme yöntemleri.

Çeşitli kablosuz iletişim türleri.

Otomotiv ortamlarında yaygın olarak kullanılan CAN veriyolu iletişimi.

DC-BUS - Güç hattı üzerinden seri iletişim

Düşük voltajlı merkezi BMS'ler çoğunlukla dâhili haberleşmeye sahip değildir. Direnç bölünmesiyle hücre voltajını ölçerler. Dağıtılmış veya modüler BMS'ler, bazı düşük seviyeli dâhili hücre denetleyicisi (Modüler mimari) veya denetleyici (Dağıtılmış mimari) iletişimi kullanırlar. Bu tür iletişim türleri, özellikle yüksek voltaj sistemleri için zordur. Sorun, hücreler arasındaki voltaj kaymasıdır. İlk hücre toprak sinyali, diğer hücre toprak sinyalinden yüzlerce volt daha yüksek olabilir. Yazılım protokollerinden ayrı olarak, gerilim kaydırma sistemleri, Optik-izolatör ve kablosuz iletişim için bilinen iki donanım iletişim yolu vardır. Dâhili iletişim için başka bir kısıtlama, maksimum hücre sayısıdır. Modüler mimari için çoğu donanım maksimum 255 düğümle sınırlıdır. Yüksek voltaj sistemleri için, tüm hücrelerin arama süresi, minimum veri yolu hızını sınırlandıran ve bazı donanım seçeneklerini kaybederek başka bir kısıtlamadır. Modüler sistemlerin maliyeti önemlidir, çünkü hücre fiyatı ile karşılaştırılabilir olabilir. Donanım ve yazılım kısıtlamalarının kombinasyonu, iç iletişim için birkaç seçenek olarak ortaya çıkmaktadır:

İzole seri iletişim

Kablosuz seri iletişim

Optimizasyon

Bataryanın kapasitesini en üst düzeye çıkarmak ve lokal yük altında aşırı akımı veya aşırı şarjı önlemek için, BMS, bataryayı oluşturan tüm hücreleri dengeleme yoluyla aynı voltajda veya şarj durumunda tutulduğunu aktif bir sistemdir. BMS hücreleri şu şekilde dengeleyebilir:

En yüklü hücrelerden enerjiyi bir yüke bağlayarak (pasif regülatörler yoluyla)

En yüklü hücrelerden en az şarjlı hücrelere (dengeleyiciler) enerji akışı

Tamamen şarj edilmiş hücrelere zarar vermeyecek şekilde şarj akımının yeterince düşük bir seviyeye indirilmesi, daha az yüklü hücreler şarj edilmeye devam edebilir (Lityum tabanlı hücreler için geçerli değildir)

Modüler yükleme

Batarya Yönetim Sistemi Topolojileri

Basit pasif regülatörler, hücre voltajı belirli bir seviyeye ulaştığında şarj akımını bypass ederek pil veya hücreler arasında dengelenmeyi sağlar. Hücre voltajı, hücrenin SOC'unun zayıf bir göstergesidir (ve LiFePO₄ gibi belirli Lityum kimyaları için hiç bir gösterge değildir), böylece pasif düzenleyiciler kullanılarak hücre voltajlarının eşit hale getirilmesi, bir BMS'nin amacı olan SOC'u dengelememektir. Bu nedenle, bu tür cihazlar, kesinlikle yararlı olsa da, etkinliklerinde ciddi sınırlamalara sahiptir.

Aktif regülatörler, uygun olduğu zaman bir yükü akıllıca açar ve kapatır ve yine dengelemeyi başarır. Aktif regülatörleri etkinleştirmek için sadece hücre voltajı

parametre olarak kullanılıyorsa, pasif regülatörler için yukarıda belirtilen aynı kısıtlamalar geçerlidir.

Tam bir BMS ayrıca pilin durumunu bir ekrana bildirir ve pili korur. BMS topolojileri 3 kategoriye ayrılır:

Merkezeleştirilmiş: Çok sayıda kablo ile tek bir kontrol ünitesi her batarya hücresine ayrı ayrı bağlanır.

Dağıtılmış: Her bir batarya hücresi ve bir denetleyici arasında yalnızca bir iletişim kablosuyla bir BMS kartına takılıdır.

Modüler: Kontrolörler arasında iletişim ile birlikte, her biri belirli sayıda hücreye bağlı kontrolörlerden meydana gelir.

Merkezi BMS'ler en ekonomik, en az genişletilebilir ve çok sayıda kablo ile boğulurlar. Dağıtılmış BMS'ler en pahalısı, kurulumu en basit olanıdır bunlar en temiz montajı olanağı sunmaktadırlar. Modüler BMS'ler diğer iki topolojinin özelliklerinden ve sorunlarından taviz verir.

Mobil uygulamalarda (elektrikli araçlar gibi) ve sabit uygulamalarda (bir sunucu odasında stand-by UPS'ler gibi) bir BMS'nin gereklilikleri, özellikle alan ve ağırlık kısıtlama gerekliliklerinden oldukça farklıdır, bu yüzden özel kullanım için donanım ve yazılım uygulamaları uyarlanmalıdır. Elektrikli veya hibrid araçlar söz konusu olduğunda, BMS sadece bir alt sistemdir ve bağımsız bir cihaz olarak çalışamaz. En az bir şarj aleti (veya şarj altyapısı), bir yük, termal yönetim ve acil durum kapatma alt sistemleri ile iletişim kurmalıdır. Bu nedenle, iyi bir araç tasarımında BMS, bu alt sistemler ile sıkı bir şekilde bütünleşmelidir. Bazı küçük mobil uygulamalar (tıbbi ekipman arabaları, motorlu tekerlekli sandalyeler, scooterlar ve çatallı asansörler gibi) genellikle harici şarj donanımına sahiptir, ancak yerleşik BMS'nin harici şarj cihazı ile sıkı bir tasarım entegrasyonuna sahip olması gerekmektedir. (Nikowitz, 2016)

SONUÇ

Gün geçtikçe büyüyen ve gelişen elektrikli araç pazarı ve onun itici gücü olan elektrikli araç teknolojilerinin ana unsuru enerji depolama sistemleridir. Bu çalışma ile batarya ve batarya yönetim sistemlerine genel bir bakış sunulmuştur. Yapılan bu çalışma daha geniş kapsamlı bir çalışmanın parçasıdır. Ülkemiz açısından stratejik öneme sahip olan elektrikli araç teknolojisinin yerli ve milli imkânlarla geliştirilmesi konusunda literatüre katkı yapmak amacıyla sunulan bu çalışma; gelecekte detaylandırılarak kapsamlı bir halde akademik ve sanayinin kullanımına sunulacak bir ürünün temel içeriğini oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

Al-Khalili, J. (2015). The birth of the electric machines: a commentary on Faraday (1832) 'Experimental researches in electricity.' *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 373(2039). Retrieved from <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/373/2039/20140208.abstract>
Basu, S. (1981). US 4304825. USA.

- Basu, S., Zeller, C., Flanders, P. J., Fuerst, C. D., Johnson, W. D., & Fischer, J. E. (1979). Synthesis and properties of lithium-graphite intercalation compounds. *Materials Science and Engineering*, 38(3), 275–283. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0025-5416\(79\)90132-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0025-5416(79)90132-0)
- Battery University (2016) , *Learning the basics about batteries*, BU-216 Summary Table of Lithium-Based Batteries. https://batteryuniversity.com/learn/article/bu_216_summary_table_of_lithium_based_batteries
- Battery University (2018) , *Learning the basics about batteries*, BU-212 Future Batteries. https://batteryuniversity.com/learn/article/experimental_rechargeable_batteries
- Bergveld, H. J. (2001). *Battery Management Systems Design by Modeling*. Eindhoven: University Press Facilities.
- Besenhard, J. O., & Eichinger, G. (1976). High energy density lithium cells: Part I. Electrolytes and anodes. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 68(1), 1–18. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-0728\(76\)80298-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-0728(76)80298-7)
- Bryson, B. (2003). 10. Getting the Lead Out. In *A Short History of Nearly Everything*. New York: Broadway Books.
- Callihan, P. F. (2010). *A Major Study of American (Ford) Compared With Japanese (Honda) Automotive Industry Their Strategies Affecting Survivability*. Cleveland State University.
- Chan, C. C. (2013). The Rise & Fall of Electric Vehicles in 1828-1930: Lessons Learned [Scanning Our Past]. *Proceedings of the IEEE*, 101(1), 206–212. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2228370>
- DeLuchi, M. A., Wang, Q., & \vSperling, D. (1989). Electric Vehicles: Performance, Life-Cycle Costs, Emissions, and Recharging Requirements.
- Dikmen İ. C., Seven S., Karadağ T. (2018). A Numerical Study For Automatic Battery Identification In Hybrid Battery Packs For Electric Vehicles. 9th International Automotive Technologies Congress, Otekon. https://www.researchgate.net/publication/325083196_A_Numerical_Study_for_Automatic_Battery_Identification_in_Hybrid_Battery_Packs_for_Electric_Vehicles
- Eichinger, G., & Besenhard, J. O. (1976). High energy density lithium cells: Part II. Cathodes and complete cells. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 72(1), 1–31. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-0728\(76\)80072-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-0728(76)80072-1)
- Godshall, N. A., Raistrick, I. D., & Huggins, R. A. (1980). Thermodynamic investigations of ternary lithium-transition metal-oxygen cathode materials. *Materials Research Bulletin*, 15(5), 561–570. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0025-5408\(80\)90135-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0025-5408(80)90135-X)
- Gorzelay, J. (2015). Ten Reasons To Buy An Electric Car When Gas Is Two Bucks A Gallon. *FORBES*. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/jimgorzelay/2015/12/11/eight-reasons-to-buy-an-electric-car-when-gas-is-two-bucks-a-gallon/>
- Guarnieri, M. (2014). The Big Jump from the Legs of a Frog [Historical]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(4), 59–61,69. <https://doi.org/10.1109/MIE.2014.2361237>
- Heller, A. (n.d.). US3922174A.
- Johnson, F. N. (1984). The History of Lithium Therapy. In *Palgrave Macmillan UK*.

- Li, Z., Huang, J., Liaw, B. Y., & Zhang, J. (2017). On state-of-charge determination for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 348, 281–301. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.03.001>
- Manwaring, L. A. (1966). *The Observer's Book of Automobiles* (12th Ed.). Library of Congress catalog card # 62-9807.
- Meier, R. J., & Kennedy, M. P. (n.d.). *Lithium Ion Batteries More Dangerous or Just More Common? And a Simple Analysis to Narrow the Possible Failure Modes*. Bradenton, FL. Retrieved from <http://www.richardmeier.expert/pdf/li-ion.pdf>
- Nagaura, T., & Tozawa, K. (1990). No Title. *Lithium Ion Rechargeable Battery, Progress in Batteries and Solar Cells*, 9, 209.
- Nikowitz, M. (Ed.). (2016). *Advanced Hybrid and Electric Vehicles*. Springer International Publishing Switzerland. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-26305-2>
- Ogura, K., & Kolhe, M. L. (2017). Battery technologies for electric vehicles. In T. Muneer, M. L. Kolhe, & A. B. T.-E. V. P. and C. Doyle (Eds.) (pp. 139–167). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803021-9.00004-5>
- Whittingham, M. S. (1976). Electrical Energy Storage and Intercalation Chemistry. *Science*, 192(4244), 1126 LP-1127. Retrieved from <http://science.sciencemag.org/content/192/4244/1126.abstract>
- Zanini, M., Basu, S., & Fischer, J. E. (1978). Alternate synthesis and reflectivity spectrum of stage 1 lithium – graphite intercalation compound. *Carbon*, 16(3), 211–212. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0008-6223\(78\)90026-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0008-6223(78)90026-X)

GRAPHENE AEROGEL SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION FOR PEM FUEL CELLS

Meryem SAMANCI
Atatürk University
meryemsamanci@gmail.com

Ayşe BAYRAKÇEKEN YURTCAN
Atatürk University
ayse.bayrakceken@gmail.com

ABSTRACT: PEM fuel cell has a very important place compared to other fuel cell types, especially for mobile and portable applications due to its low operating temperatures and high current and power densities. The most important parameter to be considered for the development of these systems is the development of membrane electrode structures in which proton conduction in the cell is provided and half reactions occur. The electrodes in PEM fuel cells are the most costly catalysts in which precious metals are used. Supporting materials with high surface area and electrical conductivity are used to increase the surface area of the used metal nanoparticles. In this study, graphene aerogel material with very high surface area is synthesized and used as support material for Pt nanoparticles. The synthesized graphene aerogel materials is physically characterized and then Pt nanoparticles is obtained by microwave heating. Graphene aerogel supported Pt catalysts were characterized physically.

Key words: graphene aerogels, pem fuel cell, supercritical carbon dioxide (SCC)

INTRODUCTION

Fuel cells are considered as one of the most promising power sources for mobile and stationary applications due to their high energy conversion efficiency, low operating temperature, low pollutant emissions, easy fuel feed and ease of use. A fuel cell is a device that converts chemical energy into electricity by the electrochemical reactions of a fuel and oxygen or other oxidizing agent (Figure 1). Among the different fuel cell types, the proton exchange membrane (PEM) fuel cell has shown great potential in mobile applications due to low operating temperature, solid state electrolyte and compactness (Gao, 2011).

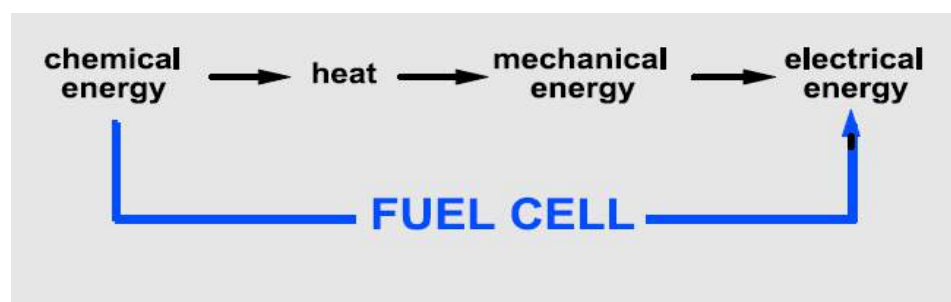


Figure 1. Electrochemical Energy Conversion Plan in Fuel Cell (Gubler, 2008).

PEM fuel cell is fed with hydrogen in the anode and oxygen in the cathode. Hydrogen molecules are separated by a platinum-based catalytic reaction and each hydrogen atom loses its single electron. Since electrons cannot pass through the membrane, it passes through the electrical circuit and creates an electric current. Without the electron, the hydrogen ion (now H^+ , a proton) can pass from the membrane to the cathode. The electrons from the anode to the electrical circuit are connected to the cathode to form water molecules containing two hydrogen atoms and an oxygen atom (H_2O). Reduction /oxidation reaction between hydrogen and oxygen leads to electric current (Figure 2).

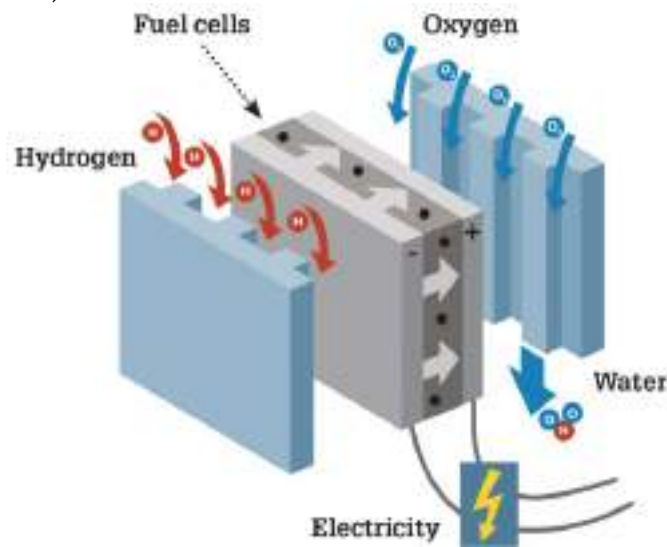


Figure 2. Representative Illustration of a PEM Fuel Cell Cells (Lazo-Cruz, 2017).

Graphene is a two-dimensional monolayer material of carbon atoms with high surface area, high load-bearing mobility, chemical stability and thermal stability, making it a useful growth substrate for energy conversion and electronics. In recent years, intensive research results have been given in the development of fuel cell catalysts, depending on the properties of dense graphene and carbon-based materials (Figure 3). However, there are very few reports in this area that use 3D graphite materials as catalysts. For example, Qiu has created a monolithic 3D graphite network and used it as support for Pt nanoparticles to produce an advanced 3D graphite based electrocatalyst (Qiu, 2013).

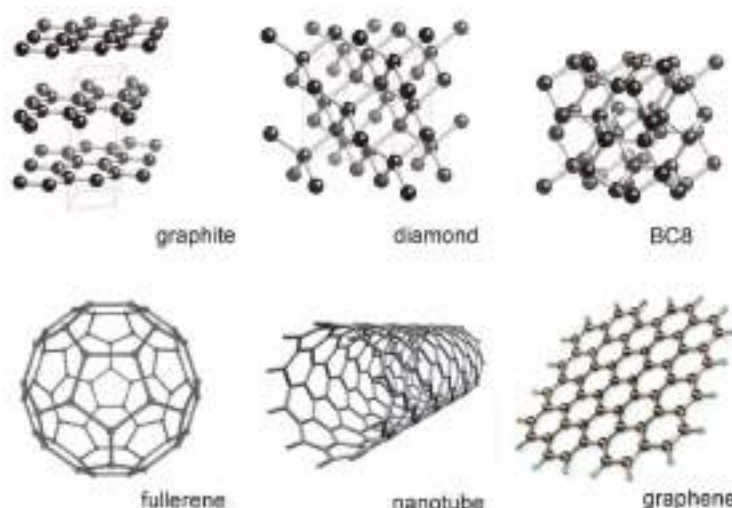


Figure 3. Graphene and graphene based materials

In this study, graphene / carbon aerogels was synthesized to increase the potential of the PEM fuel cell. Physicochemical characterizations of the prepared materials were done. Nitrogen adsorption / desorption isotherms (BET), scanning electron microscopy (SEM), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Transmission Electron Microscope (TEM) and X-ray diffraction (XRD) analysis were performed on the obtained materials.

METHODS

Chemicals

In the experiments, pure water, 99% resorcinol (R), 37% formaldehyde (F), 99% sodium carbonate (Na_2CO_3) and commercial graphite (surface area $800 \text{ m}^2/\text{g}$) were used for graphene aerogel (G/CA) synthesis. Graphene at ambient conditions. On the other hand, graphene/carbon aerogel (G/CA) structures were obtained by first standing in acetone for solvent exchange and then by supercritical drying. CO_2 was used as a supercritical fluid for supercritical drying. The samples were subjected to pyrolysis to obtain graphene aerogel. N_2 gas was used for the inert atmosphere. During the synthesis of graphene aerogel-assisted catalyst, H_2PtCl_6 was used as the Pt metal precursor. Ethylene glycol was used as the reducing and solvent medium.

Synthesis of Graphene / RF Aerogel

The molar concentration ratios of the reactants in the synthesis stage and the percentage of the mass corresponding to the total solution of the graphene are given in Table 1.

Table 1. Concentration of reactants in G / CA production

Graphene / Carbon aerogel	Resorcinol / formaldehyde molar (R / F)	Resorcinol / water molar (R / W)	Resorcinol / catalyst molar (R / C)	Graphene mass %
---------------------------------	---	--	---	--------------------

G/CA22	0.5	0.02	200	0.5
--------	-----	------	-----	-----

Resorcinol, formaldehyde, graphene and water are mixed in desired amounts for the synthesis of graphene / carbon aerogel (Figure 4). Sodium carbonate (Na_2CO_3) is added as catalyst. The solution is removed from the environment and stirred at room temperature for 2 days in a water bath. After gelation step of the mixture nozzle placed in a sealed tube for 3 days is kept in an oven at 90°C . At the end of the third day, the aerogel is removed from the tube and placed in acetone and kept in acetone for 1 day. At this stage, acetone is replaced by water. The sample is withdrawn from the acetone to obtain graphene / resorcinol formaldehyde aerogel (G / RFA) and then extracted with supercritical carbon dioxide in a reactor at a temperature of 50°C and a pressure of 2000 psi.

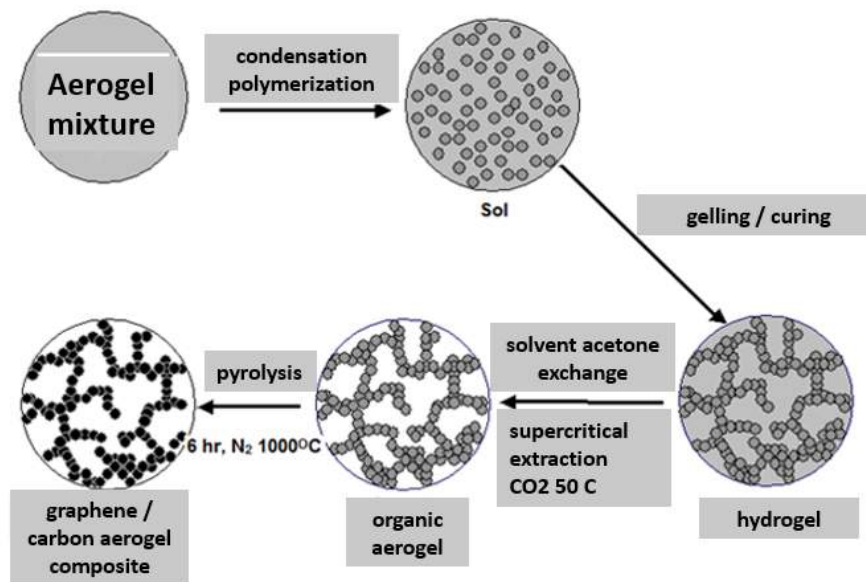


Figure 4. Graphene/Carbon Aerogel Synthesis Procedure

Synthesis of Graphene/carbon aerogel

Graphene/carbon aerogel was obtained by pyrolysis of G/RF aerogel in a pyrolysis furnace at 1000°C in a nitrogen atmosphere. This process nitrogen (N_2) atmosphere was performed over a period of 3 h. The synthesized materials of graphene / carbon aerogel are shown in Figure 5.

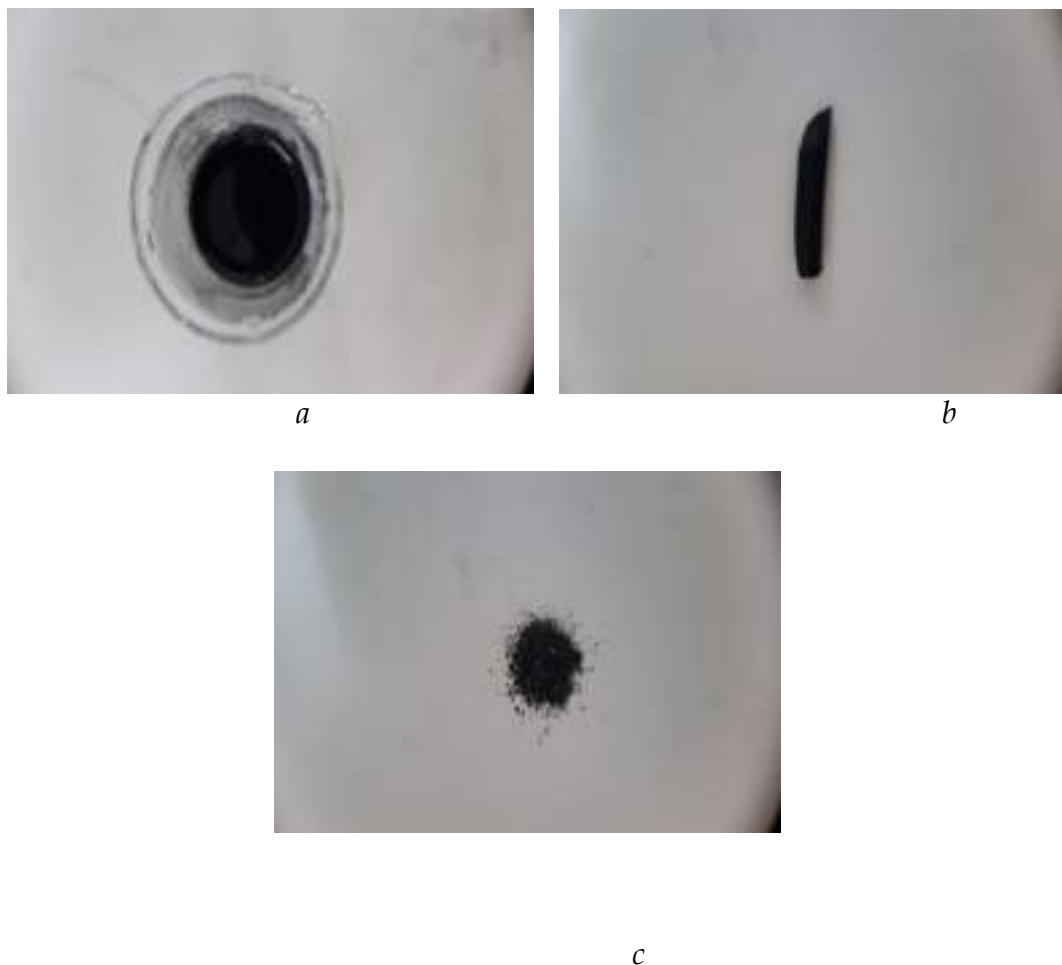


Figure 5. Synthesis Stages of Graphene/Carbon Aerogel. a.) Sol Stage, b.) Organic Aerogel Stage, c.) G/CA Composite Aerogel Production.

Synthesis of graphene aerogel-supported Pt catalyst

Microwave heating method was used for the preparation of graphene aerogel supported Pt catalyst. The Pt loading on the support material is targeted as 20wt.%. H_2PtCl_6 was used as the Pt metal precursor in the synthesis. Ethylene glycol was used as the reducing and solvent medium. Catalyst synthesis was carried out by applying the microwaves at a frequency of 2.45 GHz for 1 min.

RESULTS AND FINDINGS

Physical characterization of the prepared materials was done. Nitrogen adsorption / desorption isotherms (BET), scanning electron microscopy (SEM), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Transmission Electron Microscope (TEM) and X-ray diffraction (XRD) analysis were performed on the obtained materials.

Physicochemical Characterization

BET Results

According to the results of BET analysis of the synthesized sample (Table 2), the specific surface area of G / CA22 composite obtained by supercritical drying was found to be 519.9 m² / g. When the studies in this area were examined, it was observed that the average pore diameter decreased as the surface area increased.

Table 2. Structural Properties of Synthesized Materials

Materials	BET surface area (m ² /g)	Average pore diameter (nm)	Average particle size (nm)	BJH pore volume (cm ³ /g)	D-H pore volume (cm ³ /g)
G/CA22 %0.5	519.6	3.45	11.5418	0.2893	0.2889

SEM Images

Figure 6 shows the SEM images of graphene / carbon aerogel (G / CA). It was observed from the figure that the sheet structure of graphene also occurred in this aerogel composite structure.

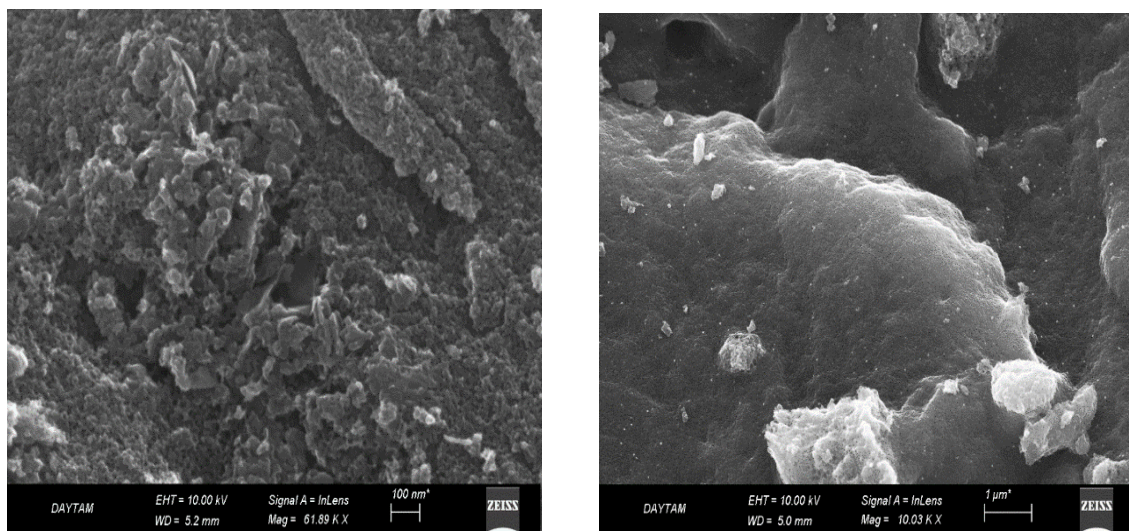


Figure 6. SEM Images of Graphene/Carbon Aerogel (G/CA)

FTIR Results

FTIR results of the synthesized materials are given in Figure 7.

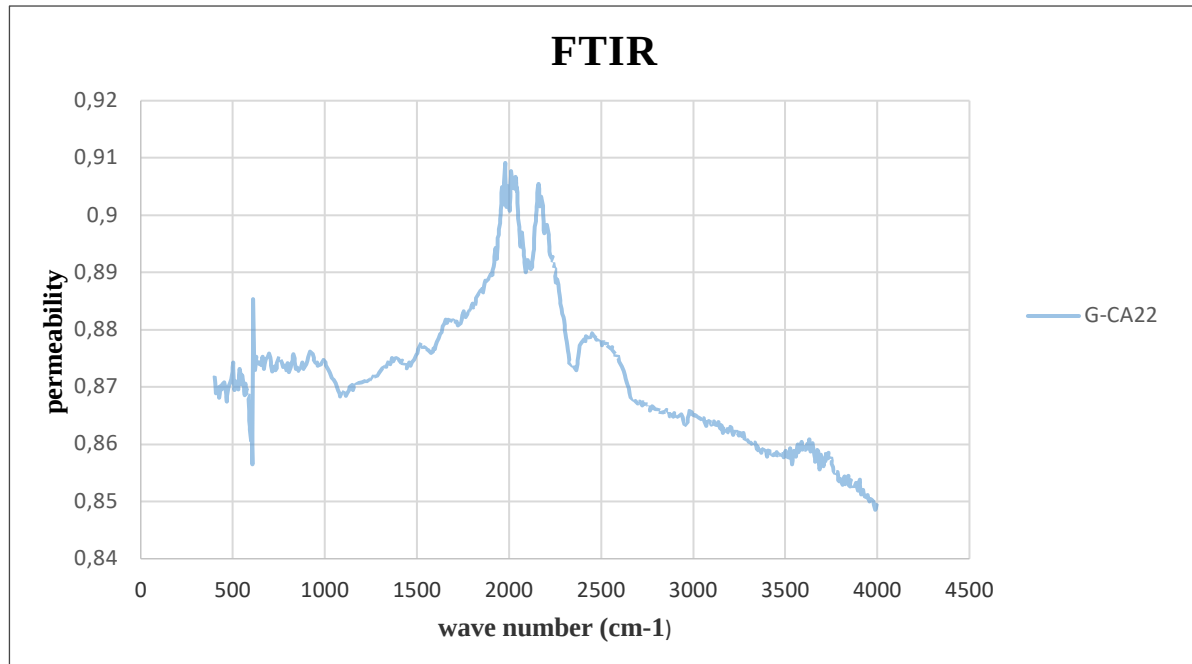


Figure 7. FTIR Results

There are 6 peaks in 604, 1986, 2003, 2061, 2089, 2191 cm^{-1} wave numbers. The peak at 604 cm^{-1} shows the C = C (C = CH 2) stresses (Shariff, 2010). Among the others in between 1900-2200 cm^{-1} , 5 peaks can be attributed to the sequential carbon structure (graphene-like layers) for graphene oxide and graphene-modified materials (Ciszewski, 2017). Even signal belonging to water molecules encapsulated within structure and stretching vibration of hydroxyl groups, theoretically located around 3500-3000 cm^{-1} was almost completely removed (Ciszewski, 2017).

XRD Results

Figure 8 shows the XRD patterns of Pt-GCA22 and GCA22. The diffraction peaks of Pt [(111), (200), (220) and (311)] are distinctly observed in the spectrum of the Pt catalyst. The C (002) peak indicates the presence of graphene (Duan, 2015).

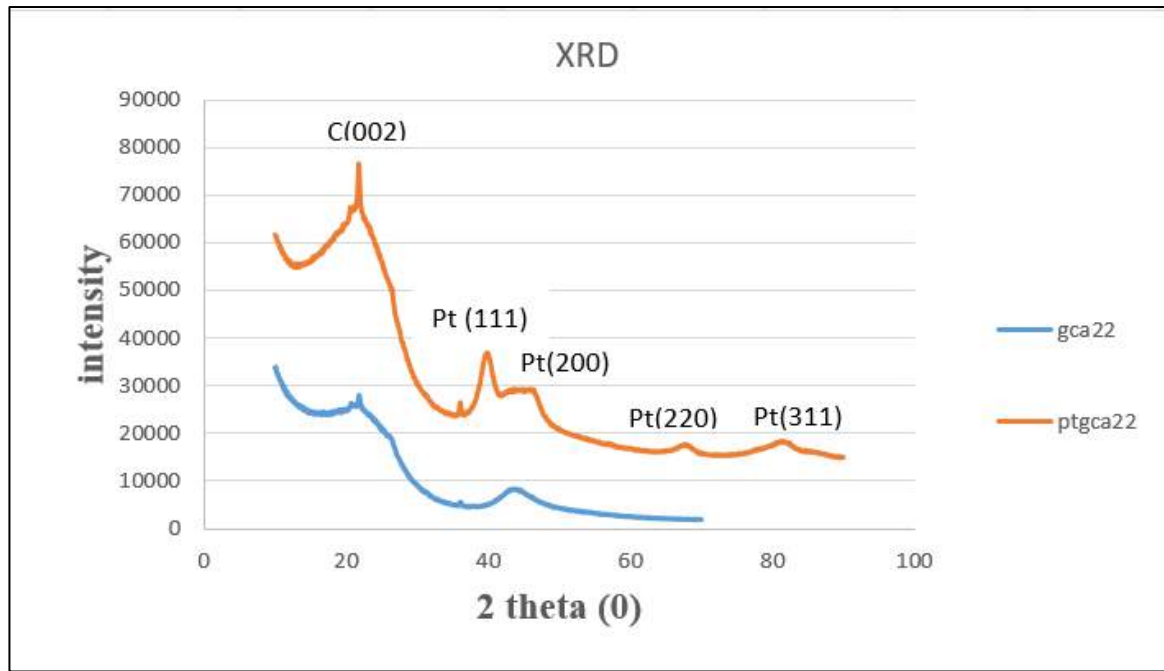


Figure 8. XRD patterns

TEM Results

TEM images for graphene/carbon aerogel supported Pt catalyst are given in Figure 9. Spherical nanoparticles of Pt over graphene/carbon aerogel support material were obtained.

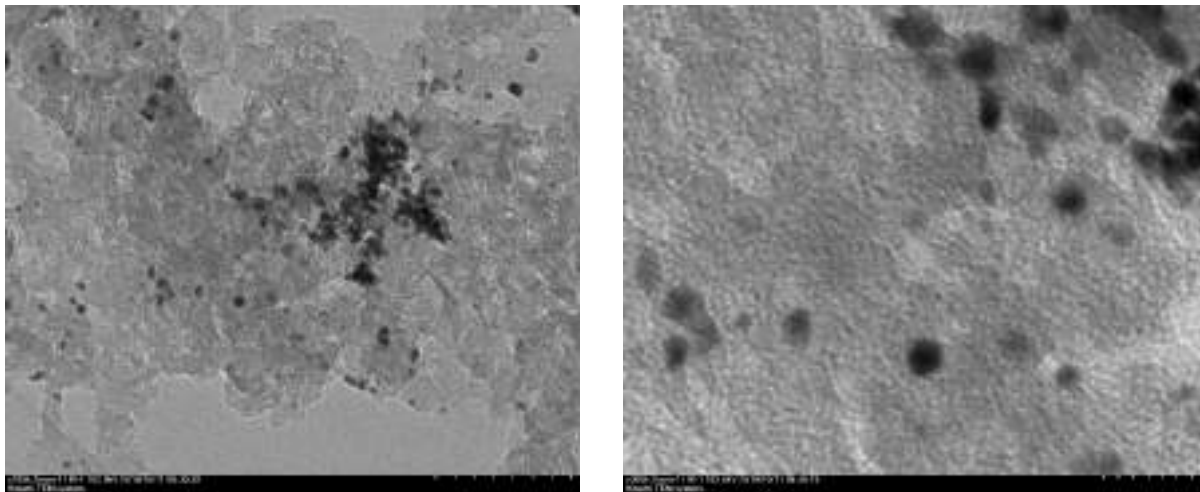


Figure 9. TEM Images of Graphene/Carbon Aerogel Supported Pt Catalyst

CONCLUSIONS

Various researches are carried out to improve the performance of PEM fuel cells. In the present study, high surface area graphene / carbon aerogel composites were obtained. Our goal in the synthesis of this composite is to achieve better material properties in order to be used in PEM fuel cells. Our further studies will be carried out in order to test this graphene / carbon aerogel supported Pt catalysts in PEM fuel cells. The catalyst activities for half cell reactions will also be determined by using cyclic voltammetry (CV) in further studies.

ACKNOWLEDGEMENT

Turkey Academy of Sciences (TÜBA), has supported the research with TÜBA-GEBİP 2017 grant, thank you to TÜBA for this support.

REFERENCES

- Gao F., Blunier B., & Miraoui A. (Eds). (2011). *Proton Exchange Membrane Fuel Cells Modeling*. Wiley.
- Gubler L., & Scherer G.G. (2008). *A Proton-Conducting Polymer Membrane as Solid Electrolyte – Function and Required Properties*.
- Lazo-Cruz J. (2017). Revolutionary Ceramic Membrane Makes Hydrogen Fuel Cells Highly Efficient. *Hydrogen Power*.
- Qiu H., Dong X., Sana B., Peng T., Paramelle D., Chen P., Lim S. (2013). *ACS Applied Materials and Interfaces*. 5, 782.
- Shariff A.M., Beshir D.M., Bustam M.A., & Maitera S. (2010). Some Studies on the Synthesis and characterization of Carbon Aerogel. *The Indian Ceramic Society*.
- Ciszewski M., Szatkowska E., & Koszorek A. (2017) Magdalena Majka-Carbon aerogels modified with graphene oxide, graphene and CNT as symmetric supercapacitor electrodes. *Journal Materials Science: Mater Electron*. 28:4897–4903. DOI 10.1007/s10854-016-6137-2.
- Duan J., Zhang X., Yuan W., Chen H., Jiang S., Liu X., Zhang Y., & Chang L., Sun Z., Du J. (2015). Graphene oxide aerogel-supported Pt electrocatalysts for methanol Oxidation. *Journal of Power Sources*. 285-76-79

APPLICABILITY OF INVESTMENT SAVINGS METHOD FOR DETERMINING OPTIMUM INSULATION THICKNESS IN TURKEY

Coskun OZALP
OSMANIYE KORKUT ATA UNIVERSITY
coskunozalp@osmaniye.edu.tr

Hüseyin MORAN
TÜRKİYE ŞİŞE VE CAM FABRİKALARI A.Ş.
h Moran@sisecam.com

Dogan Burak SAYDAM
OSMANIYE KORKUT ATA UNIVERSITY
dburaksaydam@gmail.com

Ertac HURDOGAN
OSMANIYE KORKUT ATA UNIVERSITY
ehurdogan@osmaniye.edu.tr

ABSTRACT: In thermal insulation applications, it is essential to determine the insulation thickness in accordance with the standards. The optimum thermal insulation thickness determined according to these conditions is called the optimum heat insulation thickness in the literature. Numerical calculation methods are used in our country to determine the optimum thermal insulation thickness. In this study, it is emphasized that the method of calculating the investment-savings calculation method, which has not been used before in our country, in terms of degree-of-day regions in our country's conditions and the relationship between the other methods. As a result of the calculations, the optimum insulation thickness varies between 0.4-0.6 m as a result of the investment-savings calculation method. These results obtained for this method; Natural gas in the second degree day zone as fuel, coal, fuel-oil and natural gas in the first degree day zone and XPS in both regions as insulation material can be applied in the conditions of our country.

Key words: Thermal Insulation, Energy Efficiency, Optimum Insulation Thickness, Investment Savings Method

YATIRIM TASARRUFU (INVESTMENT-SAVINGS) HESAP YÖNTEMİNİN
ÜLKEMİZ ŞARTLARINDA OPTİMUM YALITIM KALINLIĞININ
BELİRLENMESİNDE UYGULANABİLİRLİĞİ

ÖZET: Isı yalıtımı uygulamalarında bilhassa bölge şartlarına ve standartlara uygun bir yalıtım kalınlığının belirlenmesi temel esastır. Bu şartlara göre belirlenen en uygun ısı yalıtım kalınlığı literatürde optimum ısı yalıtım kalınlığı olarak adlandırılmaktadır. Optimum ısı yalıtım kalınlığının belirlenmesinde ülkemizde çeşitli nümerik

hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde hesaplama yöntemi olarak daha önce kullanılmamış olan yatırım tasarrufu (investment-savings) hesap yönteminin ülkemiz şartlarında derece gün bölgelerine göre uygulanabilirliği ve diğer yöntemler ile arasındaki ilişki üzerine durulmuştur. Hesaplamalar neticesinde yatırım tasarrufu (investment-savings) hesap yöntemi sonucunda optimum yalıtım kalınlığı 0.4-0.6 m aralığında değişmektedir. Elde edilen bu sonuçlar bu yöntem için; yakıt olarak ikinci derece gün bölgesinde doğalgaz, birinci derece gün bölgesinde kömür, fuel-oil ve doğalgaz, yalıtım malzemesi olarak da her iki bölge için XPS kullanıldığı durumlarda ülkemiz şartlarında uygulanabilir olmaktadır.

Anahtar sözcükler: Isı Yalıtımı, Enerji Verimliliği, Optimum Isı Yalıtım Kalınlığı, Yatırım Tasarrufu Yöntemi

GİRİŞ

Ülkemizdeki artan nüfus, refah düzeyi ve sanayileşmenin de gelişmesi ile enerji tüketimi Avrupa ülke ortalamalarının üzerinde seyretmektedir. Enerji tüketim talebinde ki bu artışa karşın ülkemizin enerji kaynaklarının sınırlı oluşu ve yeterli olmayışı; enerji üretim kaynaklarının çeşitlendirilmesine, yeni teknolojilere uygun enerji üretimine, alternatif enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına ve en önemlisi enerjinin verimli kullanılmasına yani enerji verimliliğine gereksinim duymaktadır. Ülkemizde enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluşturan konut sektöründe enerji tüketimi sektörleri göre toplam enerji tüketiminin yaklaşık olarak %20'sine tekabül etmektedir **Geçersiz kaynak belirtildi..** Burada tüketilen enerjinin büyük bir kısmı binalarda ısıtma ve soğutma ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır **Geçersiz kaynak belirtildi..** Enerji tüketimini konfordan ödün vermeden azaltabilmek için konutlarda enerji verimliliği uygulamaları şarttır. Bu uygulamaların başında da en temel olarak konutlarda ısı yalıtımı uygulamaları gelmektedir. Konutlarda ısı yalıtımı doğru bir uygulama ve uygun bir ısı yalıtım kalınlığı ile hem enerji tasarrufu sağlamış olacak hem de konut içerisinde iç iklim koşullarını yerine getirerek iç konforu sağlamış olacaktır (Moran, 2018).

Konutlarda farklı kalınlıklarda ısı yalıtımı uygulamaları görülmektedir. Fakat bu noktada önemli olan yatırımın ekonomik ve aynı zamanda verimli olmasıdır. Bunun içinde optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi gerekmektedir. En ekonomik ve verimli ısı yalıtım kalınlığı optimum ısı yalıtım kalınlığı olarak literatürde yerini almıştır. Optimum ısı yalıtım kalınlığı temelde ısı yalıtım uygulamasının standartlardaki yalıtım kalınlığını sağlayacak ve aynı zamanda seçilen yalıtım kalınlığı ile de ekonomik bir yatırım sağlayacaktır.

Ülkemizde optimum ısı yalıtım kalınlığı hesaplamalarında kullanılmak üzere bir çok farklı nümerik hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri olan ömür maliyet analizi hesaplama yöntemi; enerji maliyeti ve yalıtım bedelinden oluşan toplam maliyetin en alt seviyeye indirgenebilmesi için ısı yalıtımlı bir konutta, ısıtma ve soğutma giderlerinden kaynaklı maliyetlerin konutun ömür süresince elde edilen net kazancın tespit edilmesinde çok sık kullanılır (Balo, vd, 2011). Bir diğer yöntem

termoekonomik optimizasyon yöntemi olarak isimlendirilmektedir. Bu yöntem içerisinde yakıt ve yalıtım malzemelerinin fiyatları dâhil olmak üzere, dış duvarlarda meydana gelen yoğunlaşmış buharı da hesaba katarak ısı yalıtımının kalınlığını optimize etmek için kullanılır. Kullanılan bir başka yöntem ise yıllık maliyet hesap yöntemidir. Bu yöntemde yıllık enerji maliyeti içerisinde o günün şartlarına bağlı olarak değişen enflasyon ve faiz oranlarına bağlı olarak hesaplanır. Hesaplama içerisinde yalıtım maliyetleri de eklenerek yalıtılmış binanın toplam ısıtma maliyeti ortaya çıkarılır. Bu hesaplamalar sonucunda toplam ısıtma maliyetini minimum seviyeye indiren yalıtım kalınlığı optimum yalıtım kalınlığı olarak değerlendirilir. Kısaca bu hesaplama metodu, içerisinde ısı yalıtım malzemelerinin ve yakıtların fiyatlarını o yıl ki enflasyon değeri ve ilk yatırım maliyetlerindeki değişimlerin etkilerini hesaba katarak optimum yalıtım kalınlığını tespit edilmesinde kullanılır (Kürekçi, vd, 2012).

Literatürde optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi ile ilgili bir çok farklı çalışma vardır (Aktemur, & Atiko, 2017), (Aslan, & Yüksel 2010), (Daşdemir, 2014), (Gürel, & Daşdemir 2011), (Özel, 2013), (Özel, 2008), Özkan, vd, 2009) . (Gölcü, vd, 2006), Denizli bölgesi için binaların ısıtma ihtiyacının farklı yakıtlar ile karşılandığında dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıklarını, enerji tasarruf oranlarını ve geri ödeme sürelerini hesaplamışlardır. Hesaplamaları ömür maliyet analizi yöntemi doğrultusunda yapmışlardır ve ısınma ihtiyacı için kullanılan yakıt ile elde edilen sonuçları göz önüne sermişlerdir. **Geçersiz kaynak belirtildi.**, Elazığ ili için beş farklı yakıt çeşidi ve iki farklı ısı yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır. Bu hesaplamaları dıştan yalıtımlı duvar ve sandviç duvar olmak üzere iki ayrı duvar modeli üzerinde yoğunlaştırmışlardır. Çıkan sonuçların karşılaştırılması ve verimlilik hususunda daha etkin kullanılabilecek malzeme üzerinde durularak sonuçların değerlendirilmesi yapılmış ve ısı yalıtımı ile kayda değer bir oranda enerji tasarrufu ve çevre kirliliğinde azalma olacağı üzerine bulgular elde etmişlerdir. (Kaynaklı & Yamankaradeniz, 2008), optimum yalıtım kalınlığını hesaplayabilmek için dış hava sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak bölgenin derece gün değeri ve yıllık ısıtma ihtiyacını hesaplamışlardır. Farklı yalıtım kalınlıklarında ki yakıt sarfiyatını analiz etmişler ve yatırım maliyetlerine yakıt giderleri de eklenerek ısıtma ihtiyacı için gerekli toplam maliyeti elde etmişlerdir. Daha sonra ömür maliyet analizini yöntemini kullanarak farklı yalıtım kalınlıkları için maliyet eğrileri oluşturarak toplam maliyeti minimum yapan yalıtım kalınlığını belirlemişlerdir. Elde edilen veriler neticesinde de ülkemizce optimum yalıtım kalınlığını değiştiren parametreler üzerinde durmuşlar ve bu konu üzerinde değerlendirmeler de bulunmuşlardır . (Işık, & Tuğan, 2017), Hakkâri, Tunceli ve Kars illeri için çalışma yapmış, çalışmada yöntem olarak derece gün yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile dış duvarlara uygulanacak optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmaya çalışılmıştır. Elde edilen bulgular neticesinde çalışmada kullanılan illerin optimum yalıtım kalınlığı belirlenmiştir. (Özel & Tunç, 2018), Kars ili için binaların dış duvarlarında optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi için bir çalışma yürütmüşlerdir. Kars ili için meteorolojik veriler kullanılarak ısıtma yükleri derece gün olarak güneş ışıınımı değerleri dikkate alınarak ve alınmayarak hesaplar yapmışlardır. Yaptıkları hesaplamalar için yalıtım maliyeti ve binanın on yıllık ömrü boyunca enerji tüketim maliyetlerini de içine alacak şekilde bir maliyet analizi yöntemi kullanmışlardır. Buldular sonucunda Kars ili için optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır.

Bu çalışmada, optimum yalıtım kalınlığını hesaplamak için Türkiye’de kullanılan farklı yöntemler ile yatırım tasarrufu (investment-savings) hesap yönteminin birbirleri ile olan tutarlılığı ve Türkiye şartlarında uygulanabilirliği üzerinde durulmuştur.

YÖNTEM

Yatırım tasarrufu hesap yöntemi (investment - savings) uygulamada kullanılmak üzere ısı yalıtım tabakasının optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi için geliştirilmiş bir hesaplama yöntemidir. Nümerik hesaplamalar temelde ısı yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlığı, tasarruf miktarı ve geri ödeme süresi üzerine odaklanmıştır.

Yatırım Tasarrufu (Investment-Savings) Metodu Hesaplama Yöntemi

Yöntemin geliştirdiği temel hesaplama metodunda diğer yöntemlerde de olduğu gibi öncelikle dış duvarlardan meydana gelen enerji kayıplarını tanımlamak gerekir. Burada yani dış duvarlarda iletim yolu ile ısı kayıpları; havalandırma yolu ile herhangi bir kayıp olmadığı durumda sadece ısı yalıtım malzemesinin kalınlığına bağlı olarak değişir (Nyers , vd, 2014).

Dış duvarlardan ortalama ısı akısı; birim alan başına dış duvarlardan ortalama ısı akısı ısıtma sezonu ve genel ısı transfer katsayısının ortalama sıcaklık farkı ile tanımlanır. (Nyers , vd, 2014).

Bu da;

$$q_m = k(\delta) \cdot \Delta t_m \quad (1) \quad (3.9)$$

k = ısı transfer katsayısı [W/m^2K]

δ = ısı yalıtım kalınlığı [m]

Δt_m = ortalama sıcaklık farkı [$^{\circ}C$],[K]

Isı transferi katsayısı toplamı:

$$k(\delta) = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\sum \frac{\delta}{\lambda}} + \frac{1}{\alpha_o} \quad (2)$$

α_i = iletim giren ısı transferi (giriş) [W/m^2K]

α_o = iletim ile çıkan ısı transferi (çıkış) [W/m^2K]

Isıtma sezonu için iç sıcaklık ve ortalama dış hava sıcaklığı t_{m_o} arasındaki ortalama sıcaklık farkı:

$$\Delta t_m = t_i - t_{m_o} \quad (3) \quad (3.11)$$

Isı Miktarı Talebi;

Aşağıda ki denklemlerden Q hesaplanacaktır.

$$Q = q_m \cdot \tau \quad (4)$$

$$Q = k(\delta) \cdot \Delta t_m \cdot \tau \quad (5) \quad (3.13)$$

Q = birim başına birim yıldaki ısı [Wh/m²/yıl]

q_m = birim başına ısı akışı [W/m²]

τ = süre (h)

Kaydedilen Isı Miktarı;

Termal yalıtımlı ve ısı yalıtımsız dış duvardan talep edilen ısı miktarı arasındaki farktır [18],

$$\Delta Q = \Delta k(\delta) \cdot \Delta t_m \cdot \tau \quad (6) \quad (3.14)$$

$$\Delta k(\delta) = k(0) - k(\delta) \quad (7)$$

$$\Delta k(\delta) = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\sum_{\lambda_w}^{\delta_w}} + \frac{1}{\alpha_o} \right) - \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\sum_{\lambda_w}^{\delta_w}} + \frac{1}{\sum_{\lambda}^{\delta}} + \frac{1}{\alpha_o} \right), \delta > 0, \dots, n \quad (8)$$

λ= iletimle ile ısı iletim katsayısı [W/m/K]

w= duvar

Matematiksel Modelin Ekonomik Kısmı;

Enerji kısmında ısı miktarları tanımlandıktan sonra, ekonomik nitelikli işlevleri tespit edilebilir (Nyers , vd, 2014).

Maliyet Fonksiyonu;

Isıtma sezonu için birim alana düşen ısıtma maliyeti ısı yalıtım kalınlığı ve elektrik enerjisi birim fiyatına bağlıdır. Maliyet fonksiyonu:

$$f_h = Q(\delta) \cdot e(\tau) \quad (9)$$

$$f_h = k(\delta) \cdot \Delta t_m(\tau) \cdot \tau \cdot e(\tau) \quad (10)$$

e= elektrik enerjisi

h= maliyet

Maliyet Tasarrufu Fonksiyonu;

Birim alan başına ısı yalıtım kalınlığının bir fonksiyonu olarak:

$$f_s = \Delta Q(\delta) \cdot e(\tau) \quad (11)$$

$$f_s = \Delta k(\delta) \cdot \Delta t_m(\tau) \cdot \tau \cdot e(\tau) \quad (12)$$

s= tasarruf

denklemler kullanılacak. (12. denklemdaki $e = [\text{€} / \text{kW}]$ ısıtma için enerji birim fiyatıdır.)

Yatırım Fonksiyonu;

Yatırım bütün maliyetlerin toplamıdır. Yatırım fonksiyonu;

$$f_i = C_{\text{izalasyon}}(\delta) + C_{\text{vida}}(\delta) + C_{\text{cam elyafı}} + C_{\text{tutkal}} + C_{\text{ödeme}} \quad (13)$$

$C =$ maliyet

Başka koşullar sabit olarak kabul edilebildiğinde bile, ısı yalıtımı ve vida fiyatı, ısı yalıtım tabakasının kalınlığına bağlıdır (Nyers , vd, 2014).

Yatırım Fonksiyonu Sürekli Bir Parçası

$$C = C_{\text{cam elyafı}} + C_{\text{tutkal}} + C_{\text{ödeme}} \quad (14)$$

Burada;

$C_{\text{net}} = m^2$ başına cam elyaf fiyatı

$$C_{\text{qlue}} = C_{\text{qluekg}} \cdot n_g \quad (C_{\text{qlue}} = m^2 \text{ başına polistiren için tutkal fiyat}) \quad (15)$$

C_{qluekg} = kilogram başına tutkal fiyat

$n_g = m^2$ başına tutkal kütlesinin tüketimi

$C_{\text{pay}} = m^2$ başına polistren için tutkal fiyatı

Yatırım Fonksiyonunun Son Hali;

Yatırım fonksiyonu kalınlığının bağımsız ve bağımlı terimlerin bir toplamıdır.

$$f_i = C_{\text{izolasyon}}(\delta) + C_{\text{vida}}(\delta) + C \quad (16)$$

C_{isol} = burada yalıtım tabakasının kalınlığına bağlı olarak m^2 başına ısı yalıtımının fiyatı

$C_{\text{isol,m}}$ = başına ısı yalıtımının fiyatı

δ = optimum ısı yalıtım kalınlığı[m]

$$C_{\text{isol}}(\delta) = C_{\text{isol,m}} \cdot \delta \quad (17)$$

Doğrusal yaklaşım kalınlığına bağlı olarak m^2 başına vida, fiyat:

$$C_{\text{vida}}(\delta) = \left(C_{s5} + \frac{C_{s10} - C_{s5}}{\delta_{10} - \delta_5} \cdot (\delta - \delta_5) \right) \cdot n_s \quad (18)$$

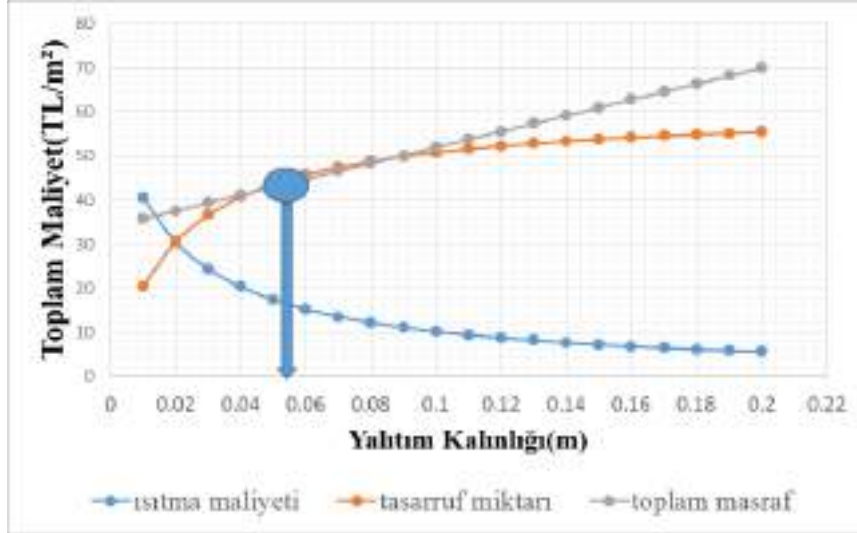
$C_{s5} = 5$ cm ısı yalıtım kalınlığı için 1 birim başına vida fiyatı

$C_{s10} = 10$ cm ısı yalıtım kalınlığı için 1 birim başına vida fiyatı

n_s = her m^2 deki vida sayısıdır (Nyers , vd, 2014).

BULGULAR

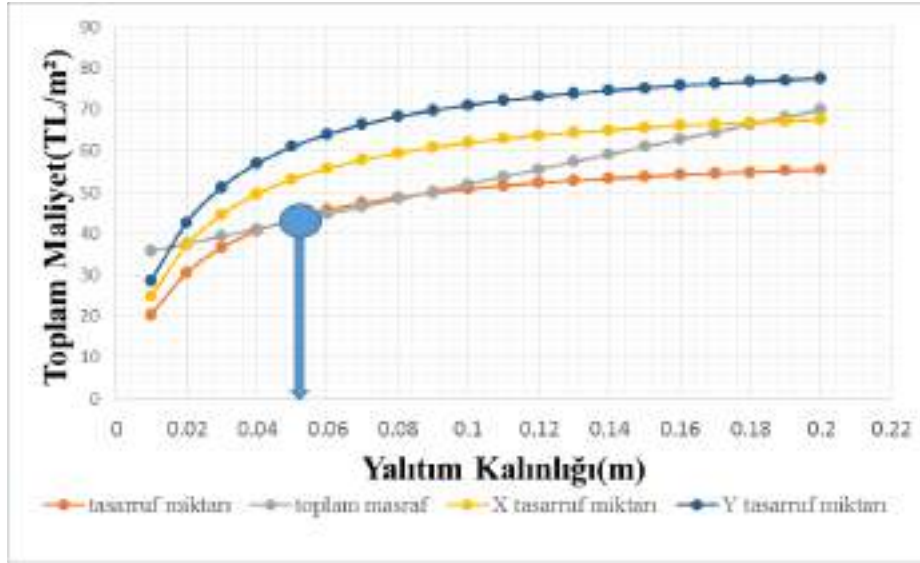
Yatırım tasarrufu hesap metoduna göre elde edilen optimum yalıtım kalınlığına ait grafikler aşağıda yer almaktadır.



Şekil 1. Toplam Maliyet-Yalıtım Kalınlığı Grafiği

Bugünün şartlarına göre elde edilen hesaplamalar neticesinde Şekil (1)'de toplam maliyet/yalıtım kalınlığı grafiği yer almaktadır. Bu grafiği oluşturan ana elamanlar; tasarruf miktarı, toplam maliyet ve ısıtma maliyetidir. Grafiği oluşturan elamanların birden fazla olması grafiğin incelenmesinde ve optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinde daha geniş bir perspektifte bakma kolaylığı sağlamaktadır. Toplam Maliyet/Yalıtım kalınlığı grafiğinde grafik üzerinde tasarruf miktarı ve toplam maliyetin kesiştiği ilk nokta bize optimum yalıtım kalınlığını vermektedir.

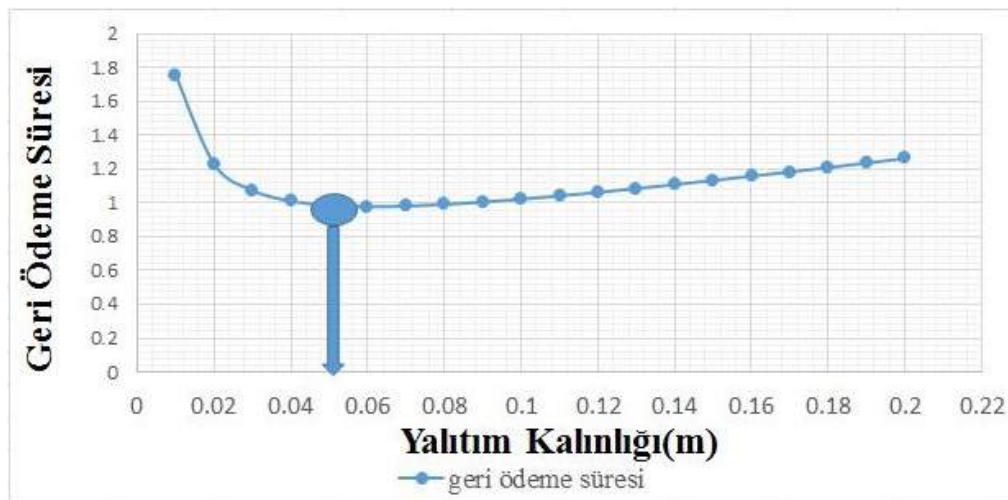
Oluşturulan grafikler için yapılan nümerik hesaplamalar içerisinde ısıtma maliyeti ve tasarruf miktarı yapılan çalışmanın parametrelerine bağlı, ısı yalıtım tabakası kalınlığı enerji maliyetleri ve zaman bağımsız değişkenler olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2. Masraf ve Tasarruf Miktarlarına Ait Toplam Maliyet-Yalıtım Kalınlığı Grafiği

Şekil (2) aslında Şekil (1)'de yer alan grafiğin gösterimi niteliğindedir. Nümerik yöntemler ile göstermektense grafiksel gösterim her zaman daha avantajlıdır. Bura da sadece farklı tasarruf durumları için açığa çıkan sonuçları göstermek temel esastır.

Göz önüne alınan şartlar yatırım tasarrufu hesap yöntemi için polistren yapı malzemesi üzerinden değerlendirilmiştir elde edilen sonuçlar ise ülkemiz standartlarında yer alan birinci ve ikinci derece gün bölgelerinde yakıt ve yalıtım malzemesi cinsinden bazı uygun sonuçlar vermektedir. Bu sonuçlar da ikinci derece gün bölgesi şartlarında yakıt olarak doğalgaz, yalıtım malzemesi olarak XPS, birinci derece gün bölgesi şartlarında; yakıt olarak kömür yalıtım malzemesi olarak XPS, yakıt olarak fuel-oil yalıtım malzemesi olarak XPS, yakıt olarak doğalgaz yalıtım malzemesi olarak EPS kullanıldığı durumlarda Türkiye'de kullanılan optimum yalıtım hesaplama yöntemleri ile uyuşmaktadır.



Şekil 3. Farklı Yalıtım Kalınlıklarına Göre Elde Edilen Geri Ödeme Süresi

Geri ödeme süresi-yalıtım kalınlığına ait grafik Şekil (3)'de yer almaktadır. Grafik üzerinde geri ödeme süresinin başlangıçtan itibaren bir müddet azalması ve minimum seviyeye geldikten sonra tekrar artması söz konusudur. Burada grafiğin geri ödeme süresi sütunu üzerinde minimum olduğu noktaya karşılık gelen yalıtım kalınlığı bize optimum yalıtım kalınlığını vermektedir. Yukarıdaki grafikte de geri ödeme süresi eğrisi bir miktar azalmış ve en düşük olduğu noktadan itibaren artmaya başlamıştır.

SONUÇ

Yapılan bu çalışma sonucunda, Türkiye'de optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinde kullanılan yöntemler ile daha önce optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinde Türkiye'de kullanılmayan yatırım tasarrufu hesaplama yöntemi nümerik olarak kıyaslanmıştır. Yapılan kıyaslamalar neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır.

Yatırım tasarrufu hesaplama yöntemi yukarıda yöntem bölümünde yer alan formüller incelendiğinde bir çok farklı parametreye bağlı olarak değişmektedir. Türkiye'de ki yöntemlerdeki gibi ortak olarak ısı yükü hesaplanmış akabinde maliyet bölümünde yöntemlerden farklı bir yol izlemiştir. Yine günün şartlarına göre enflasyon ve faiz oranlarında maliyet fonksiyonunun içerisinde diğer yöntemler ile benzer bir şekilde dahil etmiştir.

Hesaplamalar sonucunda yatırım tasarrufu hesaplama yönteminin optimum yalıtım kalınlığı hesabında birinci ve ikinci derece gün bölgesi şartlarında yakıt olarak doğalgaz, yalıtım malzemesi olarak XPS, birinci derece gün bölgesi şartlarında; yakıt olarak kömür yalıtım malzemesi olarak XPS, yakıt olarak fuel-oil yalıtım malzemesi olarak XPS, yakıt olarak doğalgaz yalıtım malzemesi olarak EPS kullanıldığı durumlarda Türkiye'de kullanılan optimum yalıtım hesaplama yöntemleri ile uyuşmakta olduğu hesaplamalar neticesinde ortaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (OKÜBAP) tarafından OKÜBAP-2018-PT3-010 numaralı yüksek lisans projesi kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı OKÜBAP'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Aktemur, C., & Atiko, U. (2017). Optimum Insulation Thickness for the Exterior Walls of Buildings in Turkey Based on Different Materials, Energy Sources and Climate Regions. INTERNATIONAL JOURNAL of ENGINEERING TECHNOLOGIES, 72-82.



Aslan, A., & Yüksel, B. (2010). Gönen Jeotermal Bölge Isıtma Sistemiyle Isıtılan Farklı Tip Binaların Dış Duvarlarının Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi. BAÜ FBE Dergisi, 100-111.

Aytaç, A., & Aksoy, U. T. (2006). Enerji Tasarrufu İçin Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı Ve Isıtma Maliyeti İlişkisi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der, 753-758.

NUMERICAL INVESTIGATION OF MIXING in a STIRRED TANK by DIFFERENT TYPES of RADIAL and AXIAL IMPELLERS

Coskun OZALP
Osmaniye Korkut Ata University
coskunozalp@osmaniye.edu.tr

Mustafa SÖYLER
Osmaniye Korkut Ata University
mustafasoyler@osmaniye.edu.tr

Dogan E. ALNAK
Cumhuriyet University
dealnak@cumhuriyet.edu.tr

ABSTRACT: One of the flow characteristics which affect the homogeneous mixture, the amount of power spent and the efficiency in the mixer tanks is the swirling flow at the tip of the impeller. Ensuring the mixing process to be more efficient is provided by preventing the stagnant part in the tank and preventing swirling. In this study, the effects of three different types of impeller used in stirred tanks on the mixture were investigated numerically without using baffles. The flow characteristics (time-average velocity, vortex, pressure and turbulence kinetic energy values) were determined. In this study, differential equations are solved using finite volumes method and the effects of impeller type on the mixing are investigated and discussed. In the study, numerical analysis of two radial and an axial impeller geometries are investigated.

Key words: mixing tank, impeller, vortex, CFD

KARIŞTIRICI TANKLARDA KULLANILAN RADYAL VE EKSENEL KANAT PROFİLLERİNİN KARIŞIMA OLAN ETKİLERİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET: Karıştırıcı tanklardaki homojen karışımı, harcanan güç miktarını ve verimi etkileyen akış karakteristiklerinden biri kanat ucunda oluşan girdap sürüklenmesidir. Karıştırma işleminin daha verimli olmasını sağlamak, tank içinde durgun kısım kalmaması ve girdap sürüklenmesini önleyerek sağlanmaktadır. Bu çalışmada karıştırıcı tanklarda kullanılan üç farklı kanat yapısı geometrisinin, akım kırıcılar kullanılmadan karışım olana etkileri sayısal olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarla akış karakteristiklerinin (ortalama hız, ortalama girdap, ortalama basınç ve ortalama türbülans kinetik enerji değerleri) belirlenmiştir. Çalışmada diferansiyel denklemler sonlu hacimler yöntemi ile çözülmüş farklı kanat profillerinin karışım olana etkileri incelenerek, kanat geometrilerinin karışım üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında iki adet radyal ve bir eksenel kanat geometrisinin sayısal çözümlemesi yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Karıştırıcı tank, kanat, girdap, HAD

GİRİŞ

Günümüzde mühendislik bilim dalının en çok üzerinde durduğu konulardan biri hiç şüphesiz enerjiyi doğru ve etkili kullanmaktır. Sanayide çok yaygın olarak kullanılan karıştırıcı tasarımı başta kimyasal sanayi olmak üzere çok sayıda sektörde enerji verimliliği açısından önemli bir yer tutmaktadır. Önerilen projenin konusu, karıştırıcı tanklarda uygun kanat tasarımları yapılarak çok daha kısa zamanda daha az enerji tüketerek homojen karışımı gerçekleştirecek geometrileri tasarlamak olacaktır. Tank içindeki akış yapısını ve kanat performansını etkileyen geometrik faktörlerin (kanat çark sayısı, kanat çark açısı, kanat çapı, kanadın mil üzerindeki konumu gibi) etkilerinin bilinmesi ile daha iyi performansa sahip kanat tasarımları gerçekleştirilebilir.

Karıştırıcı cihazlar; tanklardan, karıştırıcı çarklardan (pervane, türbin, çapa, düz kanat) ve tahrik mekanizmalarından oluşmuş karmaşık cihazlardır. Maddelerin özelliğine göre değişebilen bu mekanizmalarda, farklı özelliklere sahip maddelerin karıştırılmasında aynı tip mekanizmaların kullanılamaması çok sayıda karıştırıcı tasarımının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Geliştirilmiş kanat tasarımı talebi genellikle endüstriyel karıştırıcı elemanları kullanan sektörlerden gelmektedir. Yeni alanlar ve gelişme için tasarım yapılan tanklar daha iyi kalite, kapasite, proses verimliliği ve enerji verimliliği için istenmektedir. Bunlar için akış modeli ve tasarımı arasındaki ilişkinin iyi anlaşılması gereklidir. Kanattaki akış verimliliğini etkileyen akış karakteristiklerinden biri kanat ucunda oluşan girdap sürüklenmesidir. Literatür çalışmaları incelendiğinde yapılan araştırmalar sayısal, deneysel ve sayısal çalışmaların birlikte olduğu şeklinde sınıflandırılabilir.

Karıştırıcı Tanklardaki Sayısal Çalışmalar

Harvey ve Greaves (1982), Gunkel ve Weber (1975), Pericleous ve Patel (1987) sayısal çözümlemelerini akışı iki boyutlu kabul ederek gerçekleştirmişlerdir. Pericleous ve Patel (1987) PHOENICS kodunu kullanarak tek denklemlili türbülans modeli ile hava kabarcıklarının dağılımını hesaplamışlardır. Bir başka iki boyutlu çalışmada Placek ve arkadaşları (1986) kırıklı karıştırıcı ile akış modellemesini yapmışlardır. Middleton ve ark. (1986) karıştırıcı tanklarda akışı üç boyutlu olarak modelleyen araştırmacıların ilklerindendir. 1990 lı yılların başlarına kadar üç boyutlu modellemelerde kanat süpürme bölgesi düz sınır şartı olarak kabul edilmiştir. Fokema ve arkadaşları (1994) Kresta and Wood (1993a, b) tarafından deneysel olarak gerçekleştirilen LDV ölçümleri sonuçlarından elde ettikleri sınır şartlarını kullanarak FLOW3D ticari programı ile geriye dönük kanadı incelemişlerdir. Çalışmalarında k-ε türbülans modelini kullanmışlardır. Schafer ve Yianneskis (1998), 4 kanat bulunan bir tank üzerinde çalışmış olup eğimli kanatların daha verimli olduğunu belirtmişlerdir. Eğimli kanatların akış üzerinde önemli etkisinin bulunduğunu belirtmişlerdir. Bujalski ve ark. (2002) türbülanslı durumda karışım zamanı FLUENT ile incelemişlerdir. Alcamoa ve ark. (2005) akım kırıcıların olmadığı durumda Rushton türbin ile gerçekleştirilen türbülans akışı Large Eddy Simulation (LES) ile çözümlemişlerdir. Hesaplamalarında

(ANSYS-CFX4.4) kullanmışlardır. Alnak ve arkadaşları (2008) farklı kanat geometrileri için FLUENT paket programını kullanarak sayısal bir çalışma gerçekleştirmişler, kanat geometrilerinin uygunluğunu harcanan güç ve elde edilen karışımın özelliklerine bakarak belirlemişlerdir.

Karıştırıcı Tanklardaki Deneysel Çalışmalar

Akım kırılcılı karıştırıcı tanklardaki deneysel çalışmaların çoğunda radyal kanatların etkileri incelenmiştir. Akışkan olarak su ile gerçekleştirilen bu çalışmaların birçoğunda deneysel yöntem olarak lazer dopler tipi hızölçerler kullanılmıştır. Gunkel ve Weber (1975) akışkan olarak havayı kullandıkları çalışmalarında dönen bir kanat üzerine yerleştirdikleri kızgın tel hız ölçer ile kanat üzerindeki ortalama ve anlık hızları ölçmüşlerdir. Van't Riet ve Smith (1973, 1975, 1976) tank içerisinde kanatın dönmesi ile oluşan akışı, döner bir masa üzerine yerleştirdikleri bir kamera ile görüntüleyerek incelemişlerdir. Geisler ve ark. (1994) standart bir tank içerisinde farklı kanatlar için ortalama ve anlık hızları LDV ile incelemişlerdir. Deneysel sonuçları türbülans kayma gerilmesini ve enerji sönümlemesini hesaplamak için kullanmışlardır. Rutherford ve ark. (1996) tanktaki karışımı çift kanat kullanarak LDV ile incelemişlerdir. Akışın alt kanadın tankın üst mesafesinden olan uzaklığına, kanatlar arası mesafeye bağlı olduğunu belirtmişlerdir. LDA kullanılarak yapılan bir başka çalışmada Zhou ve Kresta (1996), kanadın boşaltma bölgesinde 3 farklı kanat vasıtasıyla (Rushton türbin, 4 kanatlı PBTD ve Lightnin 310) oluşturulmuş türbülans kinetik enerji üzerinde yoğunlaşmışlardır. Rushton türbinini için radyal düzensizlik (dalgalanma) ve PBTD ve A310 için eksenel düzensizlik olduğunu vurgulamışlardır. Mawros ve Xuereb (1998), LDA kullanarak, 3 ticari kanatın (Rushton türbine, Mixel TT ve Lightnin A310) akış verimini karşılaştırmıştır. Mixel TT tipi kanatın %70,9 ile yüksek akış-verimine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber Rushton türbine ve Lightnin A310 ise sırayla %52,7 ve %46,2 gibi bir akış verimine sahip olduğunu söylemişlerdir. Zhou ve Kresta (1996), kanadın boşaltma bölgesinde LDA kullanarak 3 farklı kanat vasıtasıyla (Rushton türbin, 4 kanatlı PBTD ve Lightnin 310) oluşturulmuş türbülanslı kinetik enerji üzerinde yoğunlaşmışlardır. Rushton türbinini için radyal düzensizlik (dalgalanma) ve PBTD ve A310 için eksenel düzensizlik olduğunu vurgulamışlardır. Radyal kanatların aksine eksenel kanatlardaki çalışmalar daha azdır. Oldshue (1983) ortalama hız vektör dağılımını göstermiştir. Ranade ve Joshi (1989) tek bileşenli LDV kullanarak ortalama hız ve Reynolds gerilmelerini geriye dönük kanatlar için elde etmişlerdir. Akış modelindeki kanat eğimlerinin (300, 450 ve 600) olması sonucu akış yapılarının etkilerini araştırmışlar ve eğimli türbinlerdeki kanat açılarının akış karakteristiğini büyük ölçüde etkilediğini gözlemlemişlerdir. Özellikle gaz-sıvı karışımlarında kanat kalınlığının Radyal akışlı disk türbinleri için önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Fasano ve Bakker (1994), tank içerisinde 4 adet kanat bulunan model ile 3 adet kanat bulunan modeli karşılaştırmış ve içerisinde 3 adet kanat bulunan modelin tank duvarında daha dengeli bir ısı transferi sağladığını gözlemlemişlerdir. Karıştırıcı tankında, 3 adet kanat bulunan modelin ısı transferi katsayısını karşılaştırmışlar ve %10 daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.. We-Ming ve Hong-Zhang (2000), eşit güç girişinde tek diskli türbinin kullanıldığı kanat ucunda girdap yapısı oluşumunda, kanat kalınlığının rolünü araştırmışlardır. Geniş ağızlı kanadın ($W/D=0,19$) bütünüyle girdap akışı ürettiğini belirtmişler ve daha küçük ağızlı kanat ($W/D=0,07$) yapısının, daha güçlü bir kesme baskısı oluşturduğunu

gözlemlemişlerdir. Firoz ve arkadaşları (2004); girdap haritasını kullanarak 4 kanatlı 450 eğimli türbindeki sürüklenen girdap yapısının etkisini çalışmışlardır. Girdap genişliğini minimize etmenin mümkün olduğunu ve kanat seklinin doğru tasarımı ile kanattaki eksenel akis verimliliğinin artırılabilir olduğunu vurgulamışlardır.

1970 lerin ortasından beri LDA tekniği kullanılarak karıştırıcı tanklardaki akış yapıları bir çok araştırmacı tarafından incelenmiş olmasına rağmen PIV tekniği bu alanda son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Bakker ve arkadaşları (1996) PIV tekniğini ilk olarak kullananlardan olup karıştırıcı tank merkezindeki 2 boyutlu akış yapısını incelemişlerdir. Bugay (2002), Lightnin A310 kanat üzerinde yoğunlaşmış ve PIV kullanarak ortalama yarı (mean) akış ve türbülanslı kinetik enerjiye odaklanmıştır. Maksimum eksenel hızın; $r/R=0,6$ da kanat ucu hızının %30'u olduğu açıklanmıştır. Ancak kanatların karıştırma veriminin daha fazla geliştirilmesi için çeşitli kanat dizaynları ile geniş ağızlı hidrolik kanatların daha fazla araştırılması gerektiğini vurgulamıştır.

Deneyssel ve Sayısal Çalışmalar

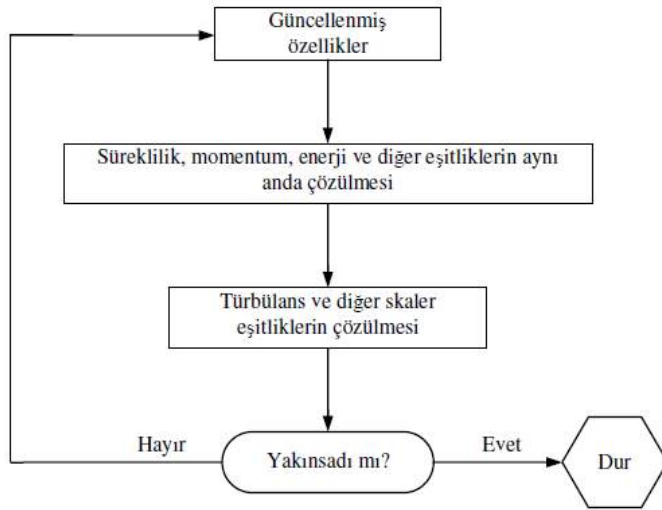
Armenante and Chou (1996) lazer Dopler hızölçer ve FLUENT paket programı kullanarak akım kırıcı bir tankta geriye dönük 45° lik türbin kanadını sayısal ve deneyssel olarak incelemişlerdir. Sayısal modellemede k- ϵ türbülans modelini kullanmışlar ve sayısal sonuçlar ile deneyssel sonuçları türbülans kinetik enerjilere bakarak karşılaştırmışlardır. Sheng ve arkadaşları (1998) PIV ölçüm sonuçlarını CFD sonuçları ile karşılaştırmışlardır. PIV kullanarak ortalama hız, türbülans kinetik enerji, Reynolds gerilmeleri değerlerini elde etmişler, ve PIV ve LDA verilerini kullanarak sınır şartlarının etkilerini CFD simülasyonları ile incelemişlerdir. Daha sonraları Zalc (2000) statik karıştırıcılardaki üç kanatlı Rushton türbin kullanılarak yapılan karışımı incelemek için CFD araçları geliştirmiş, PIV tekniğini karıştırıcı tanktaki sonuçları doğrulamak için kullanmıştır.

SAYISAL ÇÖZÜMLEME YÖNTEMİ VE SINIR KOŞULLARI

Bu çalışmada sayısal çözümleme için FLUENT paket programı kullanılacaktır. Program sonlu hacimler yöntemi kullanarak çözüm yapar. Paket programda, akış denklemlerini sayısal olarak çözülebilecek, cebirsel denklemlere dönüştürmek için kontrol hacmini esas alan bir teknik kullanır. Bu teknik, akış denklemlerinin integrasyonunu her kontrol hacminde alma ilkesine dayanır. Bu integrasyon sonucu her bir kontrol hacmini karakterize eden denklemlerin ortaya çıkmasını sağlar. Hem ayrık hem de birleşik çözücülerde lineer olmayan akış denklemleri, bütün hesaplanabilir hücrelerde bağımlı parametrelerden oluşan denklem gruplarına dönüştürülmesi için lineer hale getirilir. Bu işlem FLUENT'te formülasyon olarak isimlendirilir ve iki şekli vardır: Implicit ve Explicit. Bu formülasyona göre herhangi bir değişkene göre, her bir hücredeki bilinmeyen değer, sadece var olan değerlerin yer aldığı bir bağıntı ile hesaplanabilir. Bu yüzden, her bilinmeyen istemde birden çok denklem içinde yer alır ve bilinmeyen değerleri bulmak için bu denklemler eşzamanlı bir şekilde çözülmektedirler.

Implicit ve Explicit çözüm metodunun her ikisinde de lineer olmayan denklemler, her bir hücredeki bağımlı değişkenler, denklem sistemlerinin elde edilebilmesi için doğrusallaştırılır. Akış özelliklerinin güncelleştirilmesi ile sonuçta elde edilen lineer denklem takımı çözülür.

Bu çalışmada Implicit formülasyonu kullanılacaktır. Implicit metotta, komşu hücrelerin bilinen ve bilinmeyen değerlerine bağlı olarak bağıntılar oluşturulur. Verilen bir değişken için bu bağıntılar kullanılarak her bir hücredeki bilinmeyen değerler hesaplanır. Bundan dolayı her bir bilinmeyen birden fazla denklem takımında görülebilir. Bu sebeple, bilinmeyen değerler elde edilirken bu eşitlikler birlikte çözülmelidir. Birleşik çözümün kullandığı çözüm metodunun genel yapısı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Birleşik çözüm metodunun genel yapısı

Her bir eşitlik, bütün bağımlı parametrelere bağlı olarak doğrusallaştırılır. Bu da her bir hücre için N adet lineer denklem takımı elde edilmesini sağlar. Buradaki N, başlangıçta çözümü istenilen bilinmeyen sayısıdır. Çünkü her bir hücrede N adet denklem mevcuttur. Her bir hücredeki N tane bağımlı değişken için elde edilen denklem takımı, Gauss-Seidel lineer eşitlik çözücüsü ile birlikte Cebirsel Çoklu Izgara (AMG) metodu kullanılarak çözülür.

FLUENT, akış denklemlerini, sayısal olarak çözülecek cebirsel denklemlere çevirmek için kontrol hacmi esasına dayalı bir teknik kullanır. Bu teknik akış denklemlerinin her bir kontrol hacmi için integre edilmesini ve kontrol hacmi için her bir niceliğin korunurlu olduğu ayrık denklemlerin elde edilmesini içerir.

Bu denklemleri daha iyi incelemek için ϕ gibi bir parametre tanımlanırsa, kararlı bir rejim için H gibi herhangi bir kontrol hacmi için akış denklemi (1)'deki gibi olur. Bu denklem akışkanlar mekaniğinde transport denklemi olarak bilinir ve süreklilik, momentum ve enerji denklemlerini karakterize eder. Denklem (1), ϕ değeri 1 olursa süreklilik denklemine ve hız olursa momentum denklemine dönüşür. Bu denklemlerin integrasyonu alınmış diferansiyel biçimi Navier-Stokes denklemleri olarak bilinir ve yaygın olarak kullanımı (2) ve (3)'te verilmiştir.

$$\oint \rho \bar{V} \cdot d\bar{A} = \oint \Gamma_{\varphi} \nabla \varphi \cdot d\bar{A} + \int_H S_{\varphi} dH \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \bar{V}) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \bar{V}) + \bar{V} (\nabla \cdot \rho \bar{V}) + \rho \bar{V} \cdot \nabla \bar{V} = -\nabla p + \nabla \cdot \tau_{ij} + \rho \bar{f} \quad (3)$$

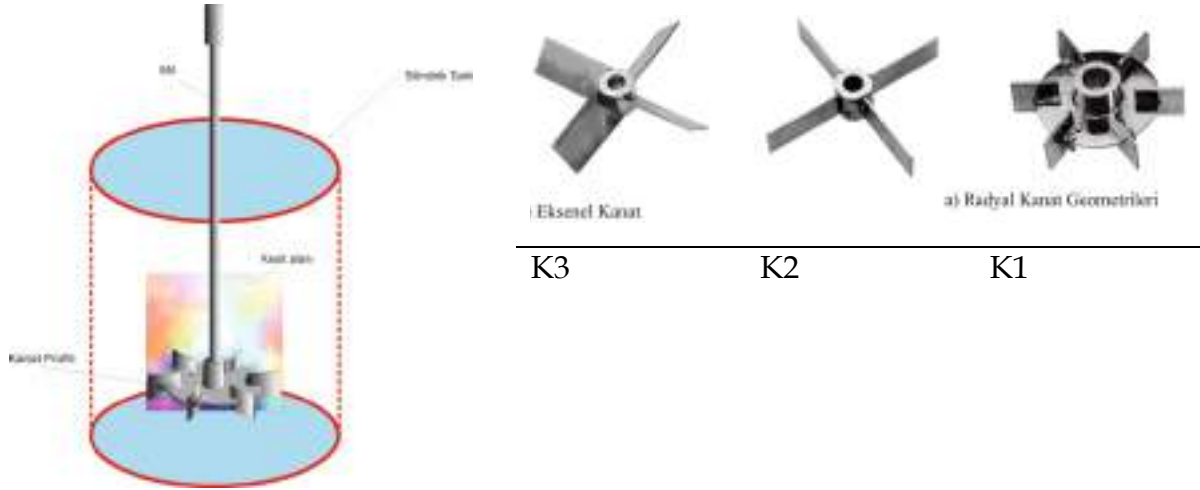
Ağ yapısını oluşturan elemanların seklinin çarpıklığı da, kalite üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Üçgensel elemanlardan oluşan bir ağ yapısı için çarpıklığın ölçüsü, ideal hücre birimi olan eşkenar üçgenden uzaklaşmadır. Dolayısı ile modeller için ağ yapıları oluşturulurken, hücre birimlerinin mümkün olduğunca eşkenar üçgenlerden oluşması sağlanmıştır. Oluşturulan ağ yapısı Şekil 3 de gösterilmiştir. Ağdan bağımsızlık üç farklı ağ sayısında hız değerlerine bakılarak karşılaştırılmış uygun ağ sayısı seçilmiştir.

Çalışmada bir eksenel ve iki farklı radyal kanat olmak üzere üç farklı kanat tipi seçilerek modellenmesi yapılmış ve sonuçları elde edilmiştir. Akışkan olarak su seçilmiş olup sınır şartları tank cidarları ve mil çevresinde kaymama koşulu kabulü yapılmıştır. şeklinde girilmiştir. Türbülans modeli olarak k-ε seçilmiştir.

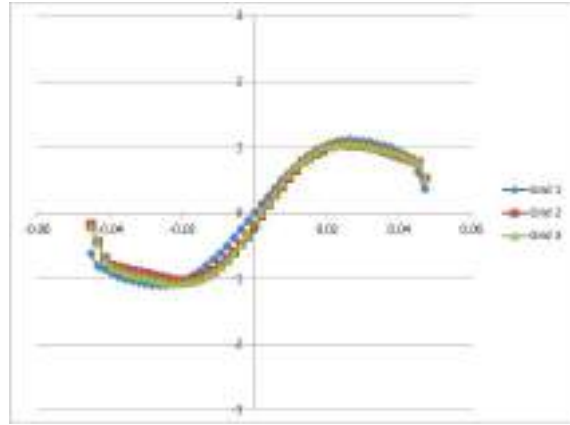
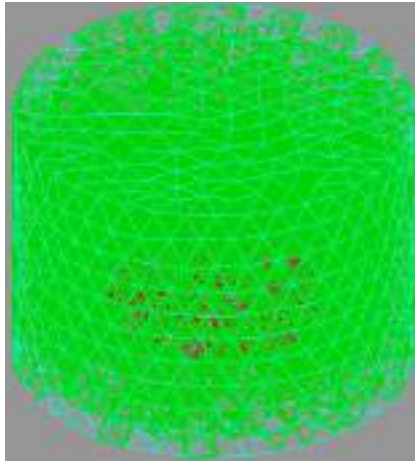
FLUENT programı tarafından çözülen denklemler de yukarıdaki denklemler gibi aynı formu alırlar ve herhangi bir problem için oluşturulmuş 2 veya 3 boyutlu yapısız ağlara hazırdırlar. FLUENT merkezlenmiş hücreler için φ değerlerini saklar ve bütün ağ için daha sonra bahsedilecek olan iteratif çözücülerle problemi çözer.

Bu projede, akış, türbülans kinetik enerji ve türbülans yayılma oranının hesaplanması sırasında sonuçların hassasiyeti açısından ikinci dereceden ayrıklaştırma işlemi kullanılacaktır. İkinci dereceden hassasiyet istendiğinde, hücre yüzeyindeki değerler, çok yönlü doğrusal yapılandırma metodu kullanılarak çözüm yapılır. Hücre merkezindeki çözümlerin Taylor seri açılımı yapılarak, hücre yüzeylerinde, bu yaklaşımla yüksek dereceden hassasiyet elde edilir.

Tüm yüzey durumlarına uygulanabilirliği, kolay oluşturulabilmesi ve çözümlenebilmesi gibi özelliklerinden dolayı ağ yapısı olarak, yapısal olmayan üçgen piramit elemanlar kullanılacaktır. Ağ yapısının düzgün ve kaliteli olması, sayısal analiz sonuçlarının hassasiyeti üzerinde önemli rol oynar. Üçgen piramit elemanların dağılımı, düzgünlüğü, çarpıklığı ağ yapısının kalitesini etkileyen önemli parametrelerdir. Yukarıda bahsedilen modeller için ağ yapıları, bu parametreler göz önüne alınarak oluşturulacaktır. Katı yüzey yakınlarında oluşan sınır tabakaları büyük gradyan bölgeleri oluşturduğundan dolayı, hücreden hücreye geçişlerde, akışkan değişkenlerindeki değişimi minimize edecek şekilde ağ dağılımı gerçekleştirilecektir. Ağ yapıları oluşturulurken, komşu hücrelerin boyutları arasındaki hızlı değişim hataya neden olmaktadır. Buna karşılık hücreler arasındaki düzgün değişim,



Şekil 2. Tank ve kanat profilinin şematik gösterimi



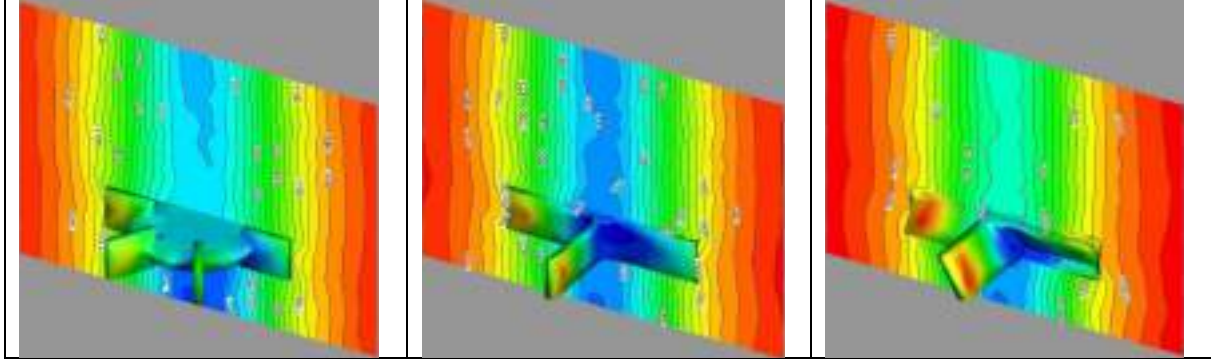
Şekil 3. Çözüm ağ yapısının gösterimi ve farkı ağ yapılarında Uy hız değişimleri

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmada karıştırıcı tanklarda kullanılan üç farklı kanat tipi incelenmiş, elde edilen sonuçlar her bir kanat yapısı için basınç, hız, girdap ve türbülans kinetik enerji eğrileri şeklinde verilmiştir. Ayrıca her bir kanat yapısı için tank içerisinde akış izleri verilmiştir.

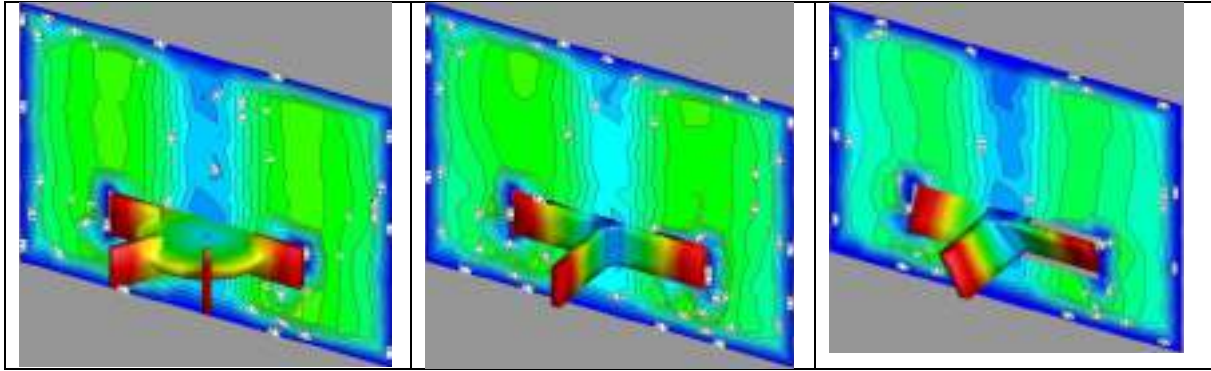
Tank içerisindeki basınç dağılımları üç farklı kanat yapısı için Şekil 4’de verilmiştir. Üç farklı kanada ait basınç dağılımları incelendiğinde 1 nolu kanatta kanat mili çevresindeki basıncın diğer kanatlara göre daha düşük olduğu aynı şekilde tank içerisindeki basınç değerlerinin diğer kanatlara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Aynı şekilde karıştırıcı kanatların uçlarındaki basınç dağılımlarına bakıldığında üç nolu kanat uçlarında basınç değerlerinin diğer kanatlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. 1 nolu kanatta mile yakın yerlerde basınç değerleri 100 Pa’dan tank çeperlerine doğru bu değer 1600 Pa çıkmıştır. 2 nolu kanat için bu eğriler

mil çevresinde 300 Pa, tank çeperlerine doğru 1900 Pa çıkmaktadır. 3 nolu kanat için mil çevresinde 400 Pa, tank çeperlerinde ise 1800 Pa dır.

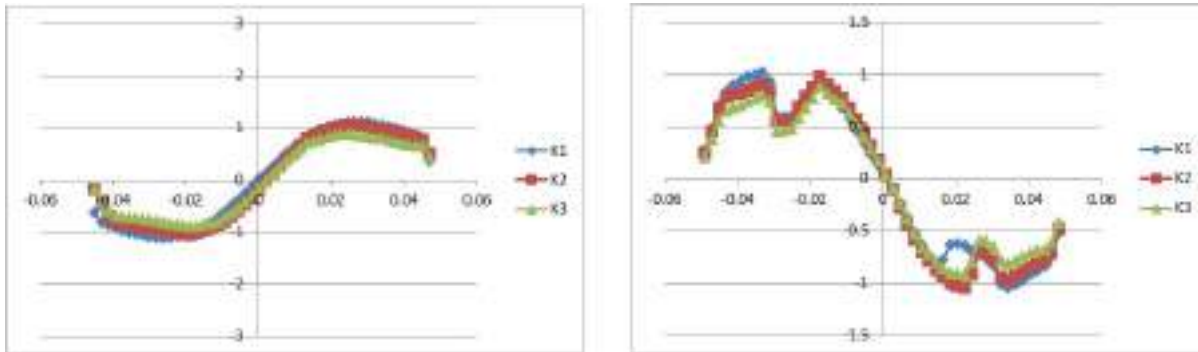


Şekil 4. Kanat profillerine ait tank içindeki basınç dağılımları

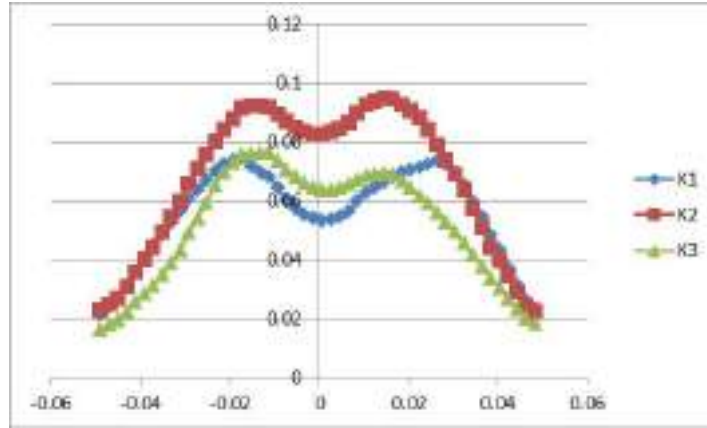
Şekil 5 de kanat profillerine ait hız değerleri verilmiştir. X ve Y eksenleri yönündeki belirli bir tank yüksekliğinde hız değerleri Şekil 6 da verilmiştir. X yönündeki Hız değerleri kanat ucu hizasında en yüksek değerinde iken tank ve mil cidarlarında viskoz etkiler nedeni ile sıfıra yaklaşmaktadır. 2 nolu kanatta ki azda olsa yüksek hız oluşumları bu kanat profili için türbülans kinetik enerji değerlerinin yüksek olmasında neden olmuştur.



Şekil 5. Kanat profillerine ait tank içindeki hız dağılımları

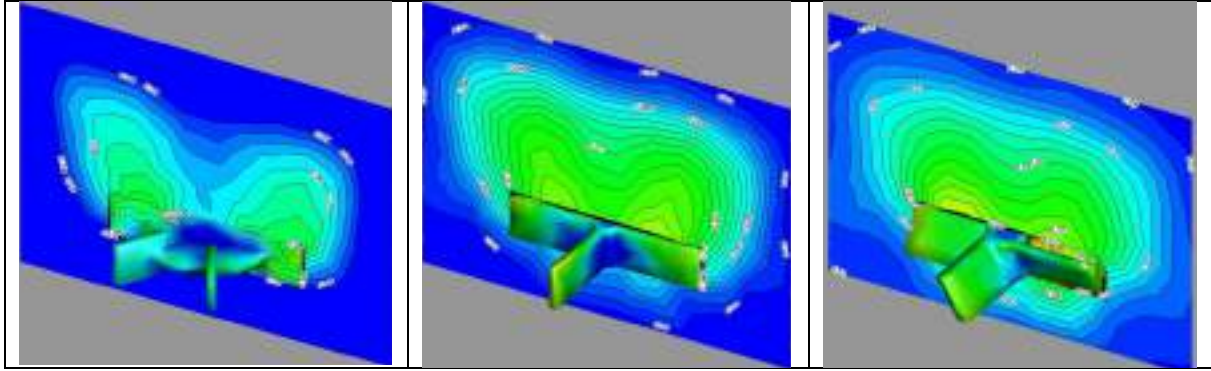


Şekil 6. x ve y yönünde hız değişimleri

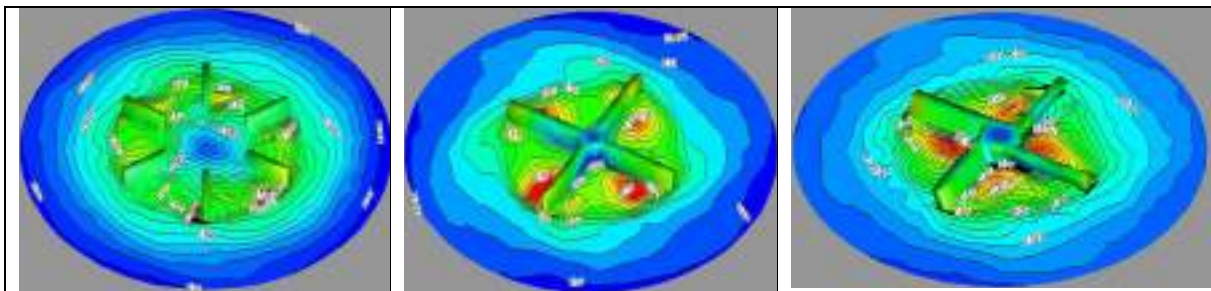


Şekil 7. Kanat profillerine ait türbülans kinetik enerji değişimleri

Türbülans kinetik enerji değişimleri incelendiğinde, 2 nolu kanattaki türbülans kinetik enerjinin diğer iki kanat modeline göre daha yüksek miktarda türbülans kinetik enerjinin varlığı dikkat çekmektedir.



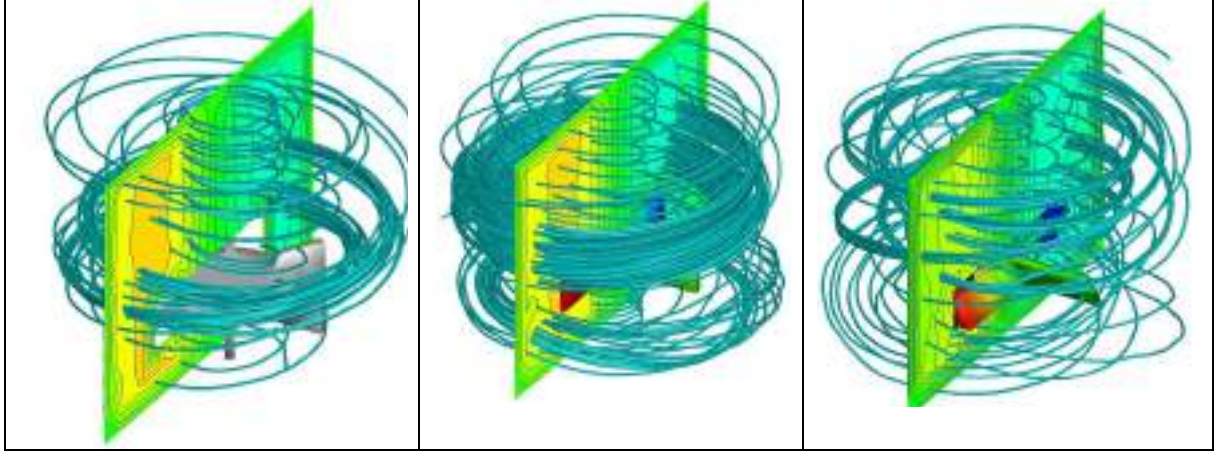
Şekil 8. Kanat profillerine ait x düzleminde türbülans kinetik enerji dağılımları



Şekil 9. Kanat profillerine ait z düzleminde türbülans kinetik enerji dağılımları

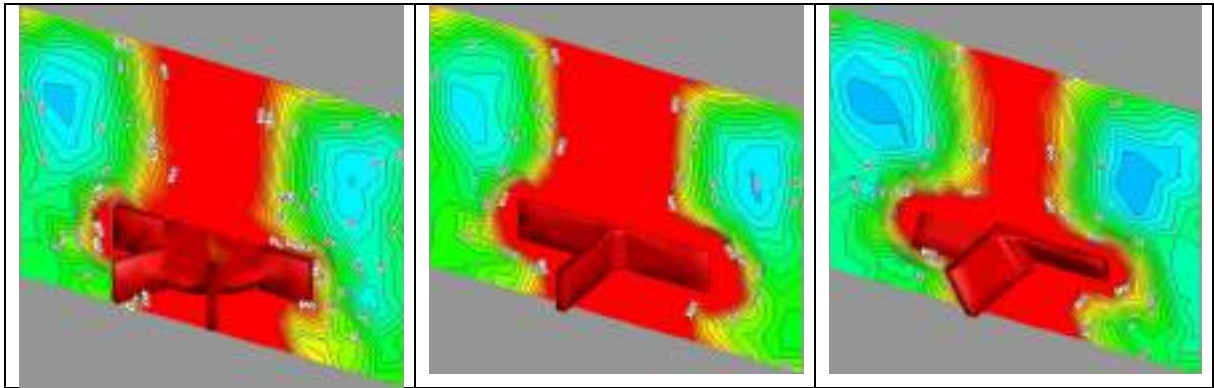
Maksimum türbülans kinetik enerji değerlerine bakıldığında bir nolu kanatta yaklaşık $0.08 \text{ m}^2/\text{s}^2$, 2 nolu kanat modelinin $1,20 \text{ m}^2/\text{s}^2$, 3 nolu kanat modelinde ise kanat modelinin $0,8 \text{ m}^2/\text{s}^2$ olduğu görülmektedir. Şekil 8 ve 9 dan görüleceği üzere tüm kanat profillerinde türbülans kinetik enerjilerdeki yoğunluk kanat bölgesine yaklaşıldıkça artmakta kanat bölgesinden uzaklaşıldıkça kanat etkisi azaldığından azalmaktadır. Tankın alt, üst ve yan cidarlarına doğru kanat etkisinin azalması ve cidar sürtünmelerinden dolayı bu bölgelerde türbülans kinetik enerji yoğunluğunun daha düşük olduğu görülmektedir. Şekil 10 da kanat profilleri için akım izleri

verilmiştir. Türbülans kinetik enerji dağılımları ve kanat çevresindeki hız değerleri 2 nolu kanatta daha yüksek olduğundan bu kanat profili için kanat bölgesinde yoğun bir akım izi izlenmektedir. 1 ve 3 nolu kanatlardaki akım izi yoğunluğu diğer kanada göre daha düşük seviyede görünmektedir.

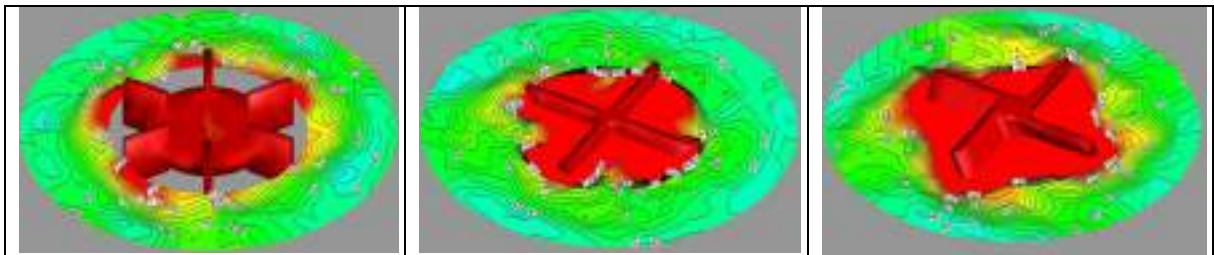


Şekil 10. Kanat profillerine ait tank içerisindeki akım izleri

Şekil 11 ve 12 de kanat profilleri için x ve z düzlemindeki girdap değerleri verilmiştir. Her üç kanat profili için girdap değerlerinin kanat ucu ve mil eksenine yakın yerlerde maksimum değerlerde olduğu görülmektedir. Tank yüzeyine yaklaştıkça girdap değerlerinin sıfıra yakın merkezleri oluşmaktadır.



Şekil 11. Kanat profillerine ait x düzleminde girdap dağılımları



Şekil 12. Kanat profillerine ait z düzleminde girdap dağılımları

ÖNERİLER

Çalışmada karıştırıcı tanklarda kullanılan üç farklı kanat tipi incelenmiş, elde edilen sonuçlar her bir kanat yapısı için basınç, hız, girdap ve türbülans kinetik enerji eğrileri şeklinde verilmiştir. Ayrıca her bir kanat yapısı için tank içerisinde akış izleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Bir nolu kanatta kanat mili çevresindeki basıncın diğer kanatlara göre daha düşük olduğu aynı şekilde tank içerisindeki basınç değerlerinin diğer kanatlara göre daha düşük olduğu görülmektedir.

İki nolu kanattaki azda olsa yüksek hız oluşumları bu kanat profili için türbülans kinetik enerji değerlerinin yüksek olmasında neden olmuştur.

Her üç kanat profili için girdap değerlerinin kanat ucu ve mil eksenine yakın yerlerde maksimum değerlerde olduğu görülmektedir.

Tankın alt, üst ve yan cidarlarına doğru kanat etkisinin azalması ve cidar sürtünmelerinden dolayı bu bölgelerde türbülans kinetik enerji yoğunluğunun daha düşük olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Alcamo, R., Micale, G., Grisafi, F., Brucato, A., and Ciofalo M. (2005). Large-eddy simulation of turbulent flow in an unbaffled stirred tank driven by a Rushton turbine. *Chem. Eng. Sci.*, 60, 2303– 2316.

Alnak. D. E, A. Öztürk, A. Pınarbaşı, C. Özalp (2008). Karıştırıcı Tanklarda Farklı Kanat Yapılarının Sayısal Yöntemlerle İncelenmesi. *IV. Ege Enerji Sempozyumu* 21-22-23 Mayıs İzmir.

Armenante, P.M., Chou C. (1996). Velocity profiles in a baffled vessel with single or double pitched-blade turbines. *AIChE J.*, 42, 42–54.

Bujalski, W., Jaworski Z., and Nienow, A. W. CFD (2002). Study of homogenization with dual Rushton turbines-comparison with experimental results “part II: The multiple reference frame. *Trans IChemE*, 80, Part A, 97-104.

Bugay, S., Renaud, E., Alain L., (2002). Experimental analysis of hydrodynamics in axially agitated tank. *AIChE J.* 48, 463–475.

Costes J., Couderc, J.P., (1988). Study by laser Doppler anemometry of the turbulent flow induced by a Rushton turbine in a stirred tank: influence of the size of the units. I. Mean flow and turbulence. *Chem. Eng. Sci.* 43, 2751–2764.

Fasano, J.B., Bakker, A., Penney, W.R., (1994). Advanced impeller geometry boosts liquid agitation. *Chem. Eng.* 110–116.

- Firoz, R.K., Chris, D.R., Graham, K.H., (2004). A multi-block approach to obtain angle resolved PIV measurements of the mean flow and turbulence fields in a stirred vessel. *Chem. Eng. Technol.* 27 264–269.
- Fokema, M. D., Kresta, S. M. and Wood, P. E., (1994). Importance of using the correct impeller boundary conditions for CFD simulations of stirred tanks. *Can. J. Chem. Engng*, 72, 177-183.
- Geisler, R., Krebs, R. and Forschner, P. (1994). Local turbulent shear stress in stirred vessels and its significance for different mixing tasks. *ICHEME Symp. Ser.*, 136, 243- 250.
- Gunkel, A. A. and Weber, M. E. (1975). Flow phenomena in stirred tanks: I. The impeller stream. *AIChE J.*, 21, 931-949.
- Harvey, P. S. and Greaves, M. (1982). Turbulent flow in agitated vessel. *Trans. IChemE*, 60, 195-210.
- Kresta, S. M. and Wood, P. E. (1993a). The flow field produced by a pitched blade turbine: characterization of turbulence and estimation of the dissipation rate. *Chem. Eng. Sci*, 48, 1761-1774.
- Kresta, S. M. and Wood, P. E. (1993b). The mean flow field produced by a 45° pitched blade turbine: changes in the circulation pattern due to off bottom clearance. *Can. J. Chem. Engng*, 71, 42-53.
- Mavros, P., Xuereb, C., Bertrand, J., (1998). Determination of 3-D flow fields in agitated vessels by laser Doppler velocimetry: use and interpretation of RMS velocities. *Chem. Eng. Res.Des.* 76, 223–233.
- Middleton, J. C., Pierce, F. and Lynch, P.M. (1986). Computation of flow fields and complex reaction yield in turbulent stirred reactors and comparison with experimental data. *Chem. Engng. Res. Des.*, 64, 18-22.
- Oldshue, J. Y. (1983). Fluid Mixing Technology. *McGraw-Hill*, New York.
- Pericleous, K. A. and Patel, M. K. (1987). The modeling of tangential and axial agitators in chemical reactors. *PhysioChem. Hydrodyn.*, 8, 105-123.
- Placek, J. and Tavlarides, L. L. (1985). Turbulent flow in stirred tanks, I: Turbulent flow in the turbine impeller region. *AIChE J.*, 31, 1113-1120.
- Placek, J., Tavlarides, L. L, Smith, G. W. and Fort, I. (1986). Turbulent flow in stirred tanks, II: A two-scale model of turbulence. *AIChE J.*, 32, 1771-1786.
- Ranade, V. V. and Joshi, J. B. (1989). Flow generated by pitched blade turbines -I: Measurements using laser Doppler anemometer. *Chem. Eng. Comm.*, 81, 197-224.
- Rutherford, K., Lee, K. C., Mahmoudi, S. M. S. and Yanneskis, M. (1996). Hydrodynamic characteristics of dual Rushton impeller stirred vessels. *AIChE J.*, 42, 332-346.
- Schafer, M., Yianneskis, M., Wachter, P., F. Durst, (1998). Trailing vortices around a 45 pitched blade impeller. *AIChE J.* 44, 1233–1265.
- Van't Riet, K. and Smith, J. M. (1973). The behavior of gas-liquid mixtures near Rushton turbine blades. *Chem. Eng. Sci*, 28, 1031-1037.



Van't Riet, K. and Smith, J. M. (1975). The trailing vortex system produced by Rushton turbine agitators. *Chem. Eng. Sci*, 30, 1093-1105.

Van't Riet, K. and Smith, J. M. (1976). Real and pseudo-turbulence in the discharge stream from a Rushton turbine. *Chem. Eng. Sci*, 31, 407-412.

We-Ming, L., Hong-Zhang, W., Nai-Yu, C., Yu-Li, L., (2000). Effect of the blade size on the vortex structure and gas dispersion in gas-liquid stirred vessels with a single Rushton turbine impeller. *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A)* 166-175.

Zhou, G., Kresta, S.M., (1996). Distribution of energy between convective and turbulent flow for three frequently used impellers. *Chem. Eng. Res. Des.* 74, 379-389.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DRYING CHARACTERISTIC OF EGGPLANT IN OSMANİYE PROVINCE CLIMATE CONDITIONS

Doğan Burak SAYDAM
Osmaniye Korkut Ata University
dburaksaydam@gmail.com

Kamil Neyfel ÇERÇİ
Osmaniye Korkut Ata University
kcerci@osmaniye.edu.tr

Ertaç HÜRDOĞAN
Osmaniye Korkut Ata University
ehurdogan@osmaniye.edu.tr

Coşkun ÖZALP
Osmaniye Korkut Ata University
coskunozalp@osmaniye.edu.tr

ABSTRACT: Food preservation with drying is an important food storage method that has been used by people since early ages. The main principle of the drying process is to remove the moisture contained in the food material. In this way, microbiological and enzymatic changes in the product will be prevented or limited. In this study, the drying characteristics of the eggplant slices were investigated using a solar energy-assisted drying system. Before drying process, the eggplant samples were cleaned and cut into thin slices so that they were dimensionally equivalent to each other and then placed into the dryer cabinet. Continuous measurements were taken at different points of the system and especially on samples in the cabin and the changes in the products were observed. The results obtained from the experiments performed in the climate conditions of Osmaniye province by using drying system showed that climatic conditions have an effect on the drying characteristic of the products. It was shown from the drying experiments that it is possible to remove approximately 900 gr moisture from products with weight 1100 gr and also shown that drying rate and removable moisture ratio was between $0.06 \cdot 10^{-3}$ and $0.09 (g_w / g_{dm}) / \text{min}$ and 0.15 and 0.20, respectively. In addition, it was seen that there is no color and smell loss from the dried products.

Key words: Drying, Solar energy, Eggplant, Osmaniye

PATLICANIN KURUMA KAREKTERİSTİĞİNİN OSMANİYE İLİ İKLİM KOŞULLARINDA DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET: Gıdaların kurutularak muhafaza edilmesi ilk çağlardan beri insanlar tarafından kullanılan önemli bir gıda saklama yöntemidir. Kurutma işleminin temel prensibi gıda malzemesi içerisinde bulunan nemin uzaklaştırılmasıdır. Bu sayede ürünün içerisindeki mikrobiyolojik ve enzimsel değişimler önlenerek veya sınırlandırılacaktır. Bu çalışmada, bölgede yaygın olarak tüketilen önemli bir gıda

ürünü olan patlıcana ait kuruma karakteristiği güneş enerji destekli bir kurutma sistemi kullanılarak incelenmiştir. Kurutma işlemi öncesinde patlıcan numuneleri temizlenerek boyutsal olarak birbirine eşdeğer olabilecek şekilde ince dilimler halinde kesilmiş ve kurutucu kabin içerisine yerleştirilmiştir. Sistemin farklı noktalarında ve özellikle kabin içerisindeki numuneler üzerinden sürekli ölçümler alınmış ve ürünlerdeki değişimler gözlemlenmiştir. Güneş enerji destekli kurutma sistemi kullanılarak Osmaniye ili iklim koşullarında farklı iki günde yapılan deneylerle elde edilen sonuçlardan, iklim şartlarının kuruma karakteristiği üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Kurutma deneylerinden, yaklaşık 1100 g ağırlığındaki ürünlerden 900 g'lık nem uzaklaştırılabildiği ayrıca kuruma hızının ve üründen alınabilir nem oranının sırasıyla $0,06 \cdot 10^{-3}$ ile 0,09 (g_{su}/g_{km})/dk ve 0,15 ile 0,20 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Kurutulan ürünlerde renk ve koku kaybı olmadığı kuruma işlemi sonucunda ortaya çıkmıştır.

Anahtar sözcükler: Kurutma, Güneş Enerjisi, Patlıcan, Osmaniye

GİRİŞ

Türkiye sahip olduğu coğrafi konum itibarıyla tarımsal üretim bakımından çok fazla çeşitliliğe sahip bir ülkedir. Ülke coğrafyasında çeşitli iklim tiplerinin hâkim olması her bölgeye has ve özellikte ürünler yetiştirme olanağı sağlamaktadır. Bu sayede ülkemiz çeşit zenginliği açısından meyvecilik ve sebzeçilik sektörü gelişmiş ülkeler arasında yer almaktadır [1]. Günümüzde, meyve ve sebzelerin üretim mevsimleri dışında kalan bölgelerde ve üretimi yapılmayan bölgelerde özel durumlarda korumak ve saklamak için bir takım yollar geliştirilmiştir. Ürünün özelliği ve cinsine göre dondurma, kurutma, tuzlanarak saklama, ısıl işlem uygulanarak saklama gibi birçok işleme yöntemi kullanılmaktadır [2].

Gıda endüstrisinde kurutma işlemi oldukça yaygın bir uygulama alanına sahiptir. Kurutulan meyve ve sebze de ülkemiz için hem iç tüketim de hem de önemli bir ihracat kalemi olarak değerlendirilmektedir [3]. Kurutma işlemleri ürünlerin uzun ve kaliteli bir şekilde saklanabilmesi için içerisinde bulunan nem miktarının belli seviyelere indirilmesi gerekliliğinden yola çıkarak başta gıda olmak üzere endüstriyel alanda da pek çok kullanım alanına sahiptir. Gıda endüstrisinde kurutmanın temel amacı gıdanın ihtiva ettiği su aktivitesini belirli bir seviyeye kadar indirgeyerek ürünün saklama koşulları esnasında bozulmasını engellemek, ürün hacmini azaltmak ve depola esnasında kolaylık sağlamaktır [4]. Bunun yanı sıra kuruyan ürünlerden besin değerinin azalmaması, tat, koku ve görüntü güzelliğinin olması ve tüketim esnasında çiğnemenin kolay olması beklenir. Kurutma temel olarak herhangi bir maddenin içerdiği nemin uzaklaşmasıdır. Farklı tipte kurutma prosesleri mevcuttur. Proseste nemin buharlaşabilmesi için gerekli olan ısı, kurutulacak malzemeyi doğrudan temas ettirerek taşınım veya ışınlama ile gerçekleştirileceği gibi, kurutulacak yüzeyde bulunan bir katı yüzeyden iletim vasıtası ile de olur. Kurutma işlemi kapalı düzenekler vasıtası ile güneşte ısıtılan havayı doğal veya zorlanmış taşınım ile ürün üzerine gönderilebileceği gibi direk güneş ışınına maruz kalacak şekilde açık sergi yöntemi ile de gerçekleştirilebilir [5].

Açık sergi yöntemi ile güneş altında kurutmanın, ürünlerin kuruma süresinin uzun olacağından zaman kaybına neden olma, kuruma sürecine herhangi bir müdahale edilememe, açık ortam şartlarında ürün kaybı, çevre etkisinden dolayı sağlığa uygunluğunun yeterli olmayışı ve renk kaybına sebebiyet verme gibi olumsuz yönleri bulunmaktadır [6]. Ek olarak iklim şartlarının kuruma esnasında değişebilir olması, böcek, küf vs. gibi etkilerden dolayı ürün kalitesi kötüleşmektedir. Bu dezavantajların önüne geçebilmek için farklı kurutma sistemleri geliştirilmiştir. Literatürde bu kurutma sistemleri ile ilgili hem teorik hem de deneysel pek çok çalışma görmek mümkündür [7-19].

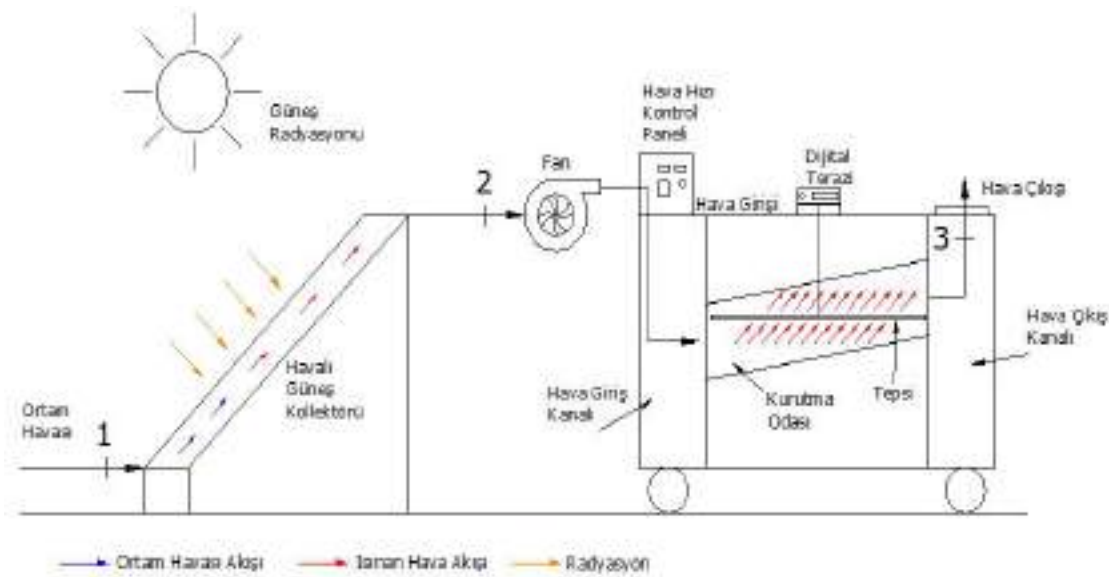
Kamer ve ark [7], aynı boyutlarda kesilen kabak ve patlıcan dilimlerinin kuruma performansını deneysel olarak incelemişleridir. Deneylerini konvektif bir kurutucuda üç farklı hız ve üç farklı sıcaklıkta gerçekleştirmişlerdir. Deneyler sonucunda elde ettikleri kuruma eğrilerini literatürde yaygın olarak kullanılan modellere Lewis, Henderson-Papis yerleştirerek modellere uygunluklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca difüzyon ve kütle transfer katsayılarının kurutma hava sıcaklığı ve hızıyla değişimini incelemişlerdir. Tarhan ve ark. [8], Amasya elması olarak adlandırılan elma çeşidinin farklı kurutma koşullarının elma üzerindeki kuruma süresi ve kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. 5 mm'lik dilimler halinde hazırlanan elma parçaları farklı kimyasal çözeltilere bir dakikalık bandırma işleminden sonra kurumaya bırakılmıştır. Kuruma işlemlerini dış ortamda, etüv fırınında 65 °C sıcak hava ve mikrodalgada fırını vasıtasıyla gerçekleştirmişlerdir. Dış ortam da kuruma işleminin uzun sürmesi ve mikrodalga yönteminin de ürün rengindeki değişimlere sebebiyet vermesinden dolayı uygun görülmemiştir. Sitrik asit çözeltisine batırılan elmaların etüv fırınında yüksek sıcaklıkta kurutulması hem süre hem de kalite bakımından en uygun olduğunu yaptıkları çalışma sonucunda belirlemişlerdir. Heybeli ve ark. [9], sanayi tipi bir prototip raflı kurutucuda Starking Delicious türü elman türünün farklı hava sıcaklıkları ile ürünün kuruma süresinin, kuruma hızının, hacim ağırlığının, hacimsel büzülme durumunun, yeniden su alma, renk ve duyuşal özelliklerine etkisine etkisini incelemişlerdir. 5 mm kalınlığında dilimlere 4,1 m/s sabit hava hızında 40, 50, 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklar altında incelemelerde bulunmuşlardır. Sonuçlar neticesinde kurutma hava sıcaklığının artması ürünün kuruma süresini azaltmış, kuruma hızını ise artırmıştır. Yazarlar hacim ağırlığı ve hacimsel büzülmenin kurutma hava sıcaklığından etkilenmediğini belirlemişlerdir. Duyusal analizler sonucunda katılımcıların büyük çoğunluğu 70 °C'de kurutulan ürünlerin rengini beğenmişlerdir. Ön işlem gören ürünlerin 60 °C altında kurutma işlemi ile en iyi tat ve kokuyu elde ettikleri görülmüştür. Sarsılmaz [10], yaptığı çalışmada havalı tip güneş kolektörlü bir kurutma sistemi tasarlamış ve kayısı kurutma deneyleri gerçekleştirmiştir. Yazar, hava kolektörünün içini yalıtım malzemesi ile kaplayarak delikli bakır plakalar kullanmış ve kolektörü günün değişik saatlerinde güneş enerjisinden daha fazla yararlanmak amacıyla 60 eğimli olabilecek şekilde imal etmiştir. Araştırmacı, sistemin değişik noktalarında sıcaklık ve nem değerlerini okuyarak açıkta sergide kurutma ile karşılaştırmıştır. Çalışma kapsamında kurutma sisteminin açıkta sergide kurutmaya göre daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır. Akın [11] yaptığı çalışma kapsamında güneş enerjili bir kurutucunun tasarım parametreleri araştırmıştır. Birbirine seri bağlı bulunan güneş enerjili hava kolektöründen geçen taze hava kapalı bir ortamda bulunan çarliston biber üzerine gönderilmiştir. Nem içeriği, ısı verim, sistemin kurutma verimi gibi parametreler araştırılmıştır. Kurutucunun içerisine yerleştirilen

sıcaklık ve nem ölçüm cihazlarından alınan veriler bir kaydedici yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılmış ve istatistiksel modelleri oluşturulmuştur.

Bu çalışmada, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Laboratuvarları'nda tasarlanıp kurulan güneş enerji destekli bir kurutma sistemi kullanılarak patlıcan (*solanum melongena*) kurutulmuş ve kuruma karakteristiği incelenmiştir.

YÖNTEM

Yapılan çalışmada, Osmaniye bölgesinde üretimi yapılan patlıcanın (*solanum melongena*) yine Osmaniye ili iklim koşullarında gerçekleştirilen deneylerle kuruma karakteristiği incelenmiştir. Şekil 1’de deneylerin gerçekleştirildiği güneş enerji destekli kurutma sisteminin şematik resmi verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 1. Güneş Enerjisi Destekli Kurutma Sisteminin Şematik Görünüşü (a) ve Gerçek Resimleri (b,c) [4]

Şekil 1(a)'dan görüldüğü gibi sistem, havalı güneş kolektörü ve kurutma kabini olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Sistemde ayrıca kurutma havasının sirkülasyonu için bir fan, hava kanalı ve kontrol panosu yer almaktadır. Güneş kolektörüne giren taze hava (1 noktası), kolektör içinde ısınarak (2 noktası) bir fan yardımıyla kurutma kabinine aktarılmakta ve ürün üzerindeki nemi alarak sistemden dışarı atılmaktadır (3 noktası). Sistemin performansını ve kurutulacak ürünlerin

kuruma karakteristiklerini belirleyebilmek amacıyla sistem üzerinde farklı notlarda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneğinde farklı parametrelerin (sıcaklık, nem, hava hızı, ağırlık) ölçülmesi ve anlık olarak belirli aralıklarla (15 dk) kaydedilebilmesi için bilgisayar destekli bir veri toplama ünitesi kullanılmıştır. Patlıcan numunelerinin kuru ağırlığını bulmak için ise etüv fırınında patlıcan numuneleri kurtulmuş ve kuru ağırlığına ulaşılmıştır. Tablo 1’de sistem üzerinde farklı bölgelerde yapılan ölçümlerde ve analizlerde kullanılan cihazlar yer almaktadır.

Tablo 1. Ölçümlerde ve Analizlerde Kullanılan Cihazlar

Cihaz	Ölçüm Parametreleri	Hassasiyet
TESTO 435	Hava Hızı	0.1 m/s
COLE PARMER Isıl Eleman Çifti	Sıcaklık	0.1 °C
DİKOMSAN Elektronik Terazi	Ağırlık Ölçümü	0.1 g
EPLUSE Nem Ölçer	Rölatif nem	2-3 %
IOTECH PD3001Veri Kaydedici	Veri kayıt	16 bit
BINDER Kurutma ve Etüv Fırını	-	-

Gıda ürünlerinde nem miktarı, ürünün bünyesinde tuttuğu su ağırlığı olarak ele alınmaktadır. Kuruma davranışlarının karakterize edilmesinde zamanla değişim gösteren nem içeriği ve kuruma hızı kullanılmaktadır. Ürünün su ağırlığının ürünün kuru ağırlığına oranı kuru baza (k.b) göre nem içeriğini vermektedir [19].

$$M_{k.b} = \frac{W_s}{W_k} \quad (1)$$

Burada, W_s , ürünün su ağırlığı [g], W_k , ürünün kuru ağırlığı [g], $M_{k.b}$ ise ürünün kuru baza göre nem içeriğidir [g_{su}/g_{km}].

Kuruma davranışlarını karakterize eden bir diğer önemli parametre ise kuruma hızıdır ve Eşitlik (2)’de verilmiştir [20].

$$\frac{dM_{k.b}}{dt} = \left(\frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \right)_{k.b} \quad (2)$$

Burada, $\frac{dM_{k.b}}{dt}$ kuruma hızını vermektedir (g_{su}/g_{km})/dk .

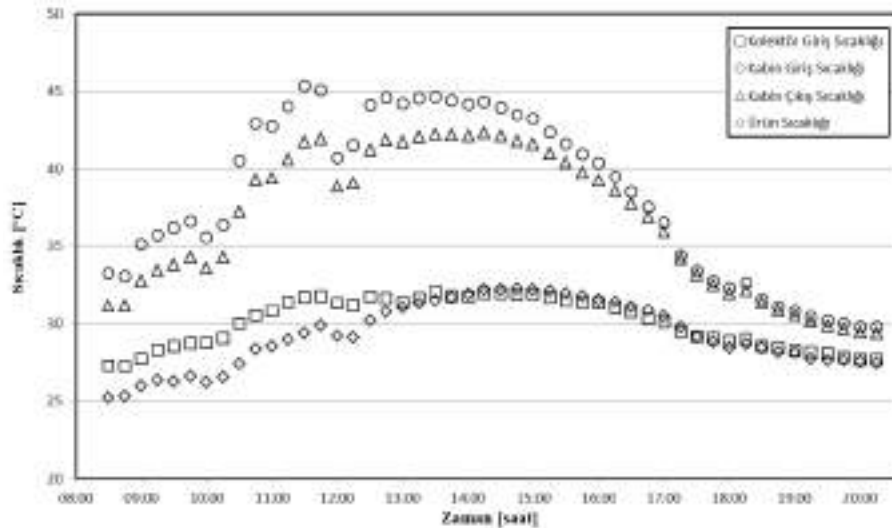
Ürün üzerinden alınabilir nem oranı (ANO) Eşitlik (3) yardımıyla hesaplanmaktadır [20].

$$ANO = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3)$$

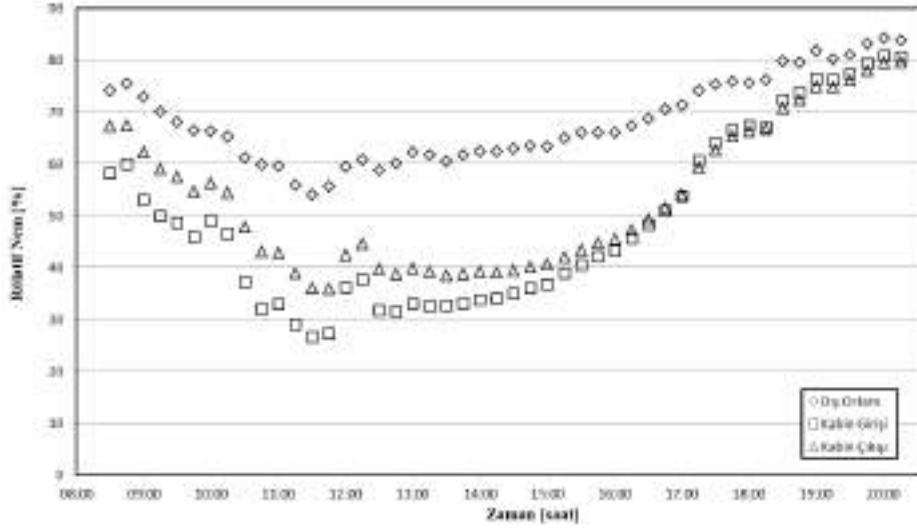
Burada, M_t , herhangi bir zamandaki nem miktarı, M_0 , kuruma başlangıcındaki nem miktarı, M_e ise, ürünün denge nem miktarıdır. ANO'nun hesaplanmasını basitleştirmek için M_e değeri hesaba katılmaz. Çünkü M_e değeri, M_t , ve M_0 değerlerinin yanında çok düşük bir değerde kalmaktadır.

BULGULAR

Bu çalışmada, güneş enerji destekli bir kurutucuda patlıcan ürünü iki farklı günde ayrı ayrı kurutulmuş ve bu günlerde elde edilen sonuçlar verilmiştir. 07 ve 08 Ağustos 2018 tarihlerinde gerçekleştirilen deneylerde, sistem üzerinde farklı noktalarda kurutma havası sıcaklığı ve nemi, kabin içerisinde farklı noktalarda ürün sıcaklıkları ayrıca ürün ağırlık kaybı gibi parametrelerin değişimi gözlemlenmiştir. Şekil 2 ve 3'de sırasıyla 07 Ağustos 2018 ve 08 Ağustos 2018 tarihlerinde sistemin farklı noktalarında ve tepside kurutulan patlıcan numunelerinin sıcaklıkların (a) ve hava rölatif (bağıl) neminin (b) zamana göre değişimleri verilmiştir. Şekil 2 (a)'da, sıcaklıkların gün içerisinde özellikle sabah saatlerinde gölgelenme olduğundan değişim gösterdiği ayrıca kolektör giriş(dış hava) ve kabin giriş arasındaki yaklaşık 5-15 °C sıcaklık farkı olduğu görülmektedir. 07 Ağustos 2018 günü patlıcan ürünlerinin yüzey sıcaklığının yaklaşık olarak 25-32 °C sıcaklığında değiştiği gözlemlenmiştir. Şekil 2 (b)'de görüldüğü üzere, kolektörde ısınan havanın rölatif nemi kurutma kabini girişinde düşmekte iken, kabinden çıkan havanın nemi ise üründen nem çekilmesinden dolayı artmaktadır. Dış ortam rölatif nem değerinin gün içerisinde yaklaşık %84'lere çıktığı gözlemlenmiştir. Benzer sonuçların 08 Ağustos 2018 tarihinde gerçekleştirilen deneyde de elde edildiği görülmüştür (Şekil 3).

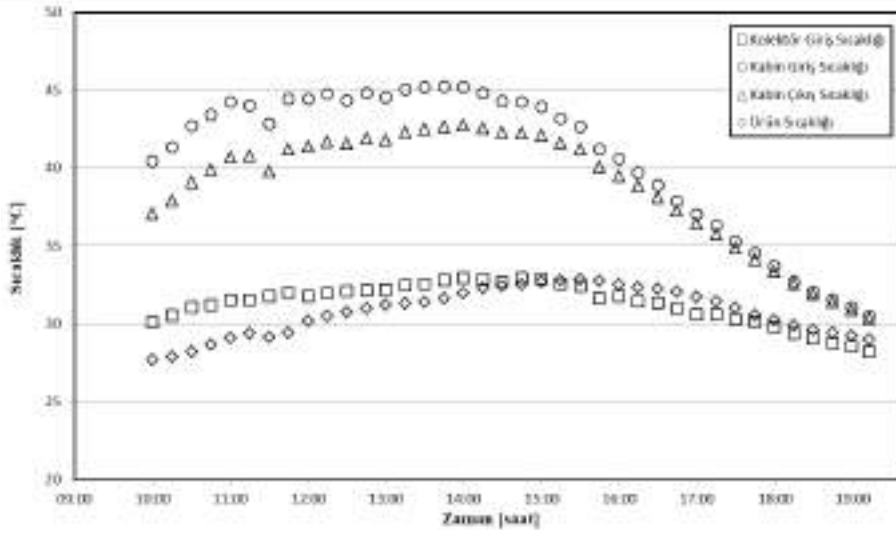


(a)

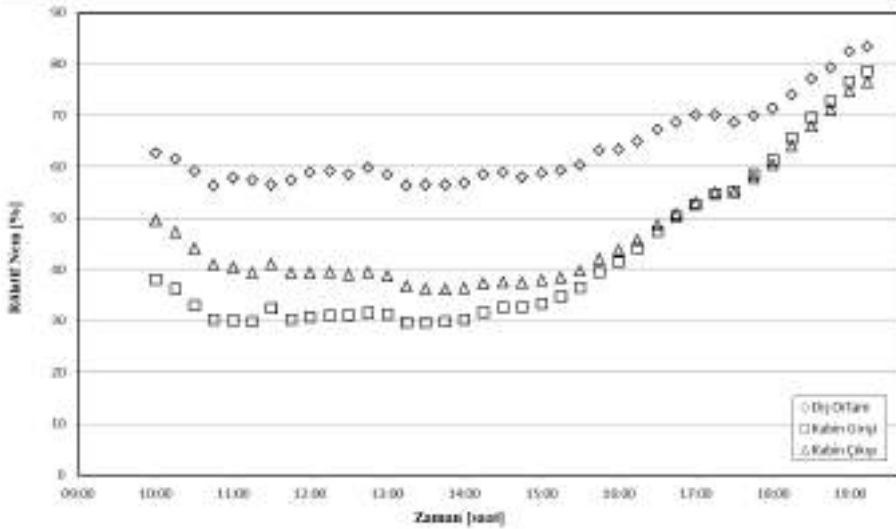


(b)

Şekil 2. 07.08.2018 Tarihinde Ölçülen Sıcaklıkların (a) ve Rölatif Nemin (b) Zaman Göre Değişimi



(a)



(b)

Şekil 3. 08.08.2018 Tarihinde Ölçülen Sıcaklıkların (a) ve Rölatif Nemin (b) Zaman Göre Değişimi

Kurutma sistemlerinde nem içeriği önemli bir parametredir. Kurutulan ürünlerin içerisindeki nem tayinini yapmak ve ürünün kuru madde ağırlığını öğrenmek amacı ile genellikle etüv fırınlarında ürünler yüksek sıcaklıkta kurutulurlar. Şekil 4’de kurutulan patlıcan numunelerinin etüv fırınına girmeden ve fırından çıktıktan sonraki görselleri yer almaktadır.



(a)

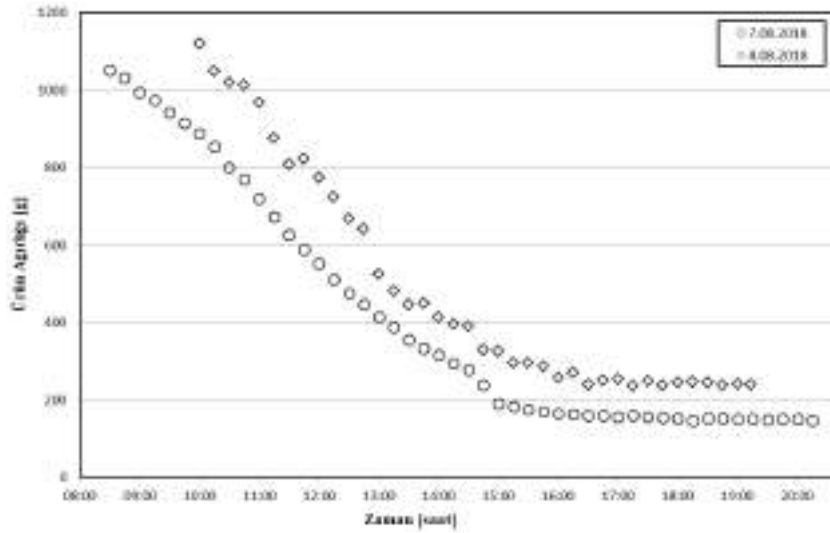


(b)

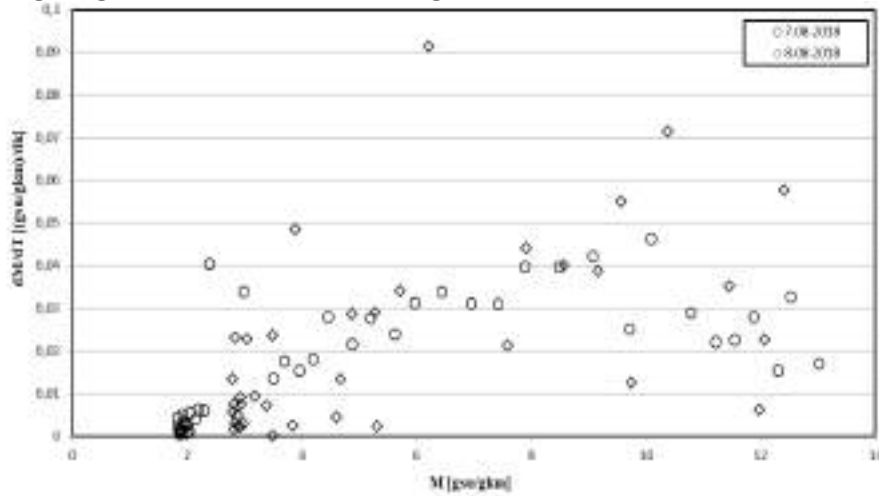
Şekil 4. Patlıcan Numunelerinin Etüv Fırınına Girmeden Önceki (a) ve Fırından Çıktıktan Sonraki (b) Değişimi

Şekil 5’de farklı günlerde yapılan kurutma deneylerinde ürünlerin ağırlığının zamana göre değişimi verilmiştir. Şekilden sırasıyla 07 ve 08 Ağustos 2018’de yapılan patlıcan kurutma deneylerinde yaklaşık 1100 g ağırlığındaki ürünlerden 900 g ve 880 g nem uzaklaştırıldığı görülmüştür. Şekil 6’da ise patlıcan ürünlerinin kuruma hızlarının (dm/dt) nem içeriğine (M) göre değişimleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi patlıcan ürününün kuru baza göre nem içeriği yaklaşık olarak $13 g_{su}/g_{km}$ civarından $2 g_{su}/g_{km}$ civarına kadar düşmüştür.

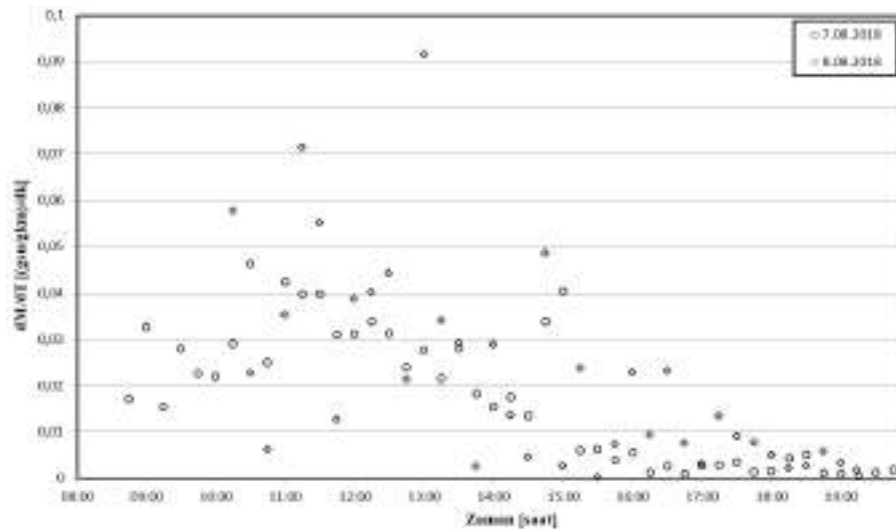
Şekil 7’de farklı günlerde yapılan kurutma deneylerinde patlıcan ürününün kuruma hızının zamana göre değişimi verilmiştir. 07 Ağustos 2018’de yapılan kurutma deneyinde patlıcan ürününün kuruma hızının gün içerisinde $0,04 \cdot 10^{-1}$ ile $0,05 (g_{su}/g_{km})/dk$ olarak değiştiği, 08 Ağustos 2018’de yapılan deneyde ise kuruma hızının $0,06 \cdot 10^{-3}$ ile $0,09 (g_{su}/g_{km})/dk$ olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Şekilden gün boyu kuruma hızının iklim şartlarından etkilendiği görülmektedir. Şekil 8’de farklı günlerde yapılan kurutma deneylerinde ürünlerden alınan nem oranının zamana göre değişimi verilmiştir. Şekil 8’de, sırasıyla 07 ve 08 Ağustos 2018’de yapılan patlıcan kurutma deneylerinde ürünlerden alınabilir nem oranının $0,15$ ve $0,20$ ’lere kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Şekil 9’da kuruma öncesi ve kuruma sonrasına ait patlıcan numunelerinin resimleri görülmektedir.



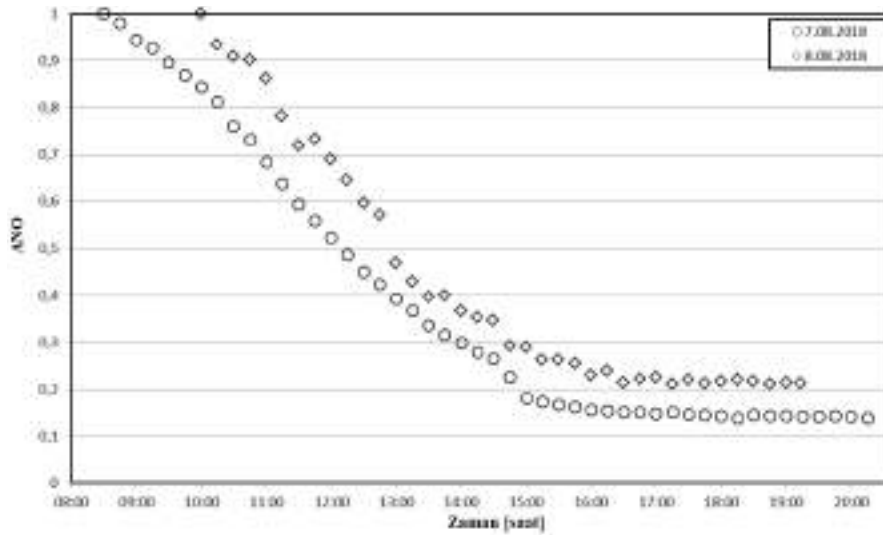
Şekil 5. Farklı Günlerde Yapılan Kurutma Deneylerinde Patlıcan Ürünlerinin Ağırlığının Zamana Göre Değişimi



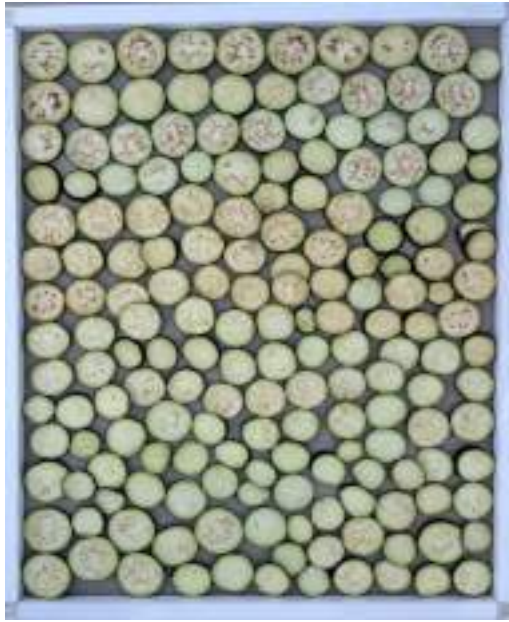
Şekil 6. Farklı Günlerde Yapılan Kurutma Deneylerinde Patlıcan Ürünlerinin Kuruma Hızının Nem İçeriğine (k.b.) Göre Değişimi



Şekil 7. Farklı Günlerde Yapılan Kurutma Deneylerinde Patlıcan Ürününün Kuruma Hızının Zamana Göre Değişimi



Şekil 8. Farklı Günlerde Yapılan Kurutma Deneylerinde Patlıcan Ürünlerinden Alınabilir Nem Oranının Zamana Göre Değişimi



(b)

Şekil 9. Patlıcan Dilimlerinin Kuruma Öncesi (a) ve Kuruma Sonrası (b) Resimleri

SONUÇ

Bu çalışmada güneş enerji destekli bir kurutma sisteminde patlıcan ürününün kuruma karakteristikleri, farklı günlerde (07 ve 08 Ağustos 2018) gerçekleştirilen deneylerle incelenmiştir. Sistemin farklı noktalarında gerçekleştirilen sürekli ölçümler ile ürünlerdeki değişimler gözlemlenmiştir. Güneş enerji destekli kurutma sistemi kullanılarak Osmaniye ili iklim koşullarında yapılan deneylerle elde edilen sonuçlardan, iklim şartlarının kuruma karakteristiği üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Kurutma deneylerinden, yaklaşık 1100 g ağırlığındaki ürünlerden 900

g'lık nem uzaklaştırılabildiği ayrıca kuruma hızının ve üründen alınabilir nem oranının sırasıyla $0,06.10^{-3}$ ile $0,09$ (g_{su}/g_{km})/dk ve $0,15$ ile $0,20$ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Kurutulan ürünlerde renk ve koku kaybı olmadığı kuruma işlemi sonucunda ortaya çıkmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (OKÜBAP) tarafından OKÜBAP-2014-PT3-032 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı OKÜBAP'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Aktaş , M., Şevik, S., Doğan, H., & Öztürk , M. (2012). Fotovoltaik ve Termal Güneş Enerjili Sürekli Bir Kurutucuda Domates Kurutulması. Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 288-289.
- [2] Demirtaş, G., & Kızılaslan, H. (2017). Yaş Sebze ve Meyve İhracatında Türkiye Pazarının Dünyadaki Yeri. VII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu (s. 194-200). Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- [3] Tırıs , M., Tırıs , Ç., & Erdallı, Y. (1997). Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri (s. 128-131). içinde Gebze: TÜBİTAK - Marmara Araştırma Merkezi.
- [4] Akman, H. (2017). Güneş Enerjisi Destekli Bir Kurutma Sisteminin Termodinamik Analizi. Osmaniye : Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [5] Ouaaboua, R., Nabila, B., Hidara, N., Lahnine, L., Iddimamc, A., Lamharrarc, A., et al. (2018). Valorization of solar drying process in the production of dried Moroccan sweet cherrie. Solar Energy.
- [6] Abuşka, M., & Doğan, H. (2010). Endüstriyel Tip Isı Pompalı Kurutucuda Çekirdeksiz Üzümün Kurutulması. Politeknik Dergisi, 271-279.
- [7] Kamer, M., Şahin , H. E., Sönmez, K., İmal, M., & Kaya , A. (2016). Kabak ve Patlıcan Dilimlerinin Kuruma Davranışının Deneysel İncelenmesi. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1-7.

- [8] Tarhan, S., Ergüneş, G., Güneş, M., & Mutlu, A. (2009). Farklı kurutma koşullarının amasya elmasının kuruma süresi ve kalitesi üzerine etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (2), 1-6.
- [9] Heybeli, N., & Ertekin, C. (2007). Elma Dilimlerinin İnce Tabaka Halinde Kuruma Karakteristiği. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 179-187.
- [10] Sarsılmaz, C., Güneş enerjisi destekli kayısı kurutma sistemi, Fırac Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ, 164, 1998.
- [11] Akın, A., Güneş enerjili kurutucunun tasarım parametrelerinin araştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 98, 2006.
- [12] Eltawil, M., Azam, M., & Alghannam, A. (2017). Energy analysis of hybrid solar tunnel dryer with PV system and solar collector for drying mint (Mentha Viridis). Journal of Cleaner Production, 352-364.
- [13] Abuşka, M., & Doğan, H. (2010). Endüstriyel Tip Isı Pompalı Kurutucuda Çekirdeksiz Üzümün Kurutulması. Politeknik Dergisi, 271-279.
- [14] Doymaz, İ., & Aktaş, C. (2017). Patlıcan Dilimlerinin Kurutma ve Rehidrasyon Karakteristiğinin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derneği, 2-20.
- [15] Fudholi, A., Sopian, K., Bakhtyar, B., Gabbasa, M., Othman, M. Y., & Ruslan, H. M. (2015). Review of solar drying systems with air based solar collectors in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 1191-1204.
- [16] Kamer, M., Şahin, H. E., Sönmez, K., İmal, M., & Kaya, A. (2016). Kabak ve Patlıcan Dilimlerinin Kuruma Davranışının Deneysel İncelenmesi. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1-7.
- [17] Nimrotham, C., Songrakorp, R., Thepa, S., & Monyakul, V. (2017). Experimental Research of Drying Red Chili by Two Methods Solar Drying and Low - Temperature System Drying. International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies.
- [18] Yılmaz, T. (2017). Üzüm Kurutma İşlemi İçin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 537-544.
- [19] Kavak Akpınar, E., & Biçer, Y. (2003). Siklon Tipi Bir Kurutucuda Kabağın Kuruma Davranışının İncelenmesi. G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 159-169.



[20] Çerçi, K., Süfer, Ö., Söyler, M., Hürdoğan, E., & Özalp, C. (2018). Thin Layer Drying Of Zucchini In Solar Dryer Located In Osmaniye Region. Tehnički Glasnik, 79-85.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY FOR LIGHTING SYSTEMS BY USING ARDUINO

Aykut BILICI

Naci Topcuoglu Vocational School of Higher Education Gaziantep University,
Gaziantep
aykutbilici@gantep.edu.tr

Ali YASAR

Guneysinir Vocational School of Higher Education Selcuk University, Konya
aliyasar@selcuk.edu.tr

Ismail SARITAS

Faculty of Technology, Electrical and Electronics Engineering Selcuk University,
Konya
isaritas@selcuk.edu.tr

ABSTRACT: In this study; it was aimed to increase the quality of lighting and to use electrical energy more efficiently by utilizing LED lighting tools (LLT) and daylight. An electronic circuit board is made for this purpose. A luxmeter is placed on the circuit to measure the effect of daylight on lighting systems. By using LED lighting tools, light reduction or bighting process has been achieved until the specified lighting environment was reached. Pulse Width Modulation (PWM) technique was used to reduce or increase the LLT used in lighting. As a result, the determined light intensity was obtained. By means of the inclusion of daylight, the system was realized according to the seasonal periods and the location of the environment where the lighting process was performed and electrical energy savings were achieved. Thanks to the system performed, increasing motivation and desire for work will be ensured in working environments by keeping the lighting intensity constant. In addition, better lighting system will increase in the safety of employees, as well as the costs resulting from error will be reduced.

Key words: arduino, lighting, led, efficiency

INTRODUCTION

With the increase in the level of economic development and welfare in the world, the need for electricity in general, and therefore the power capacity of energy systems shows an increase[1].

In the world whose resources are rapidly depleted, the rapid increase in the amount of energy used and consequently the degradation of the ecosystem balance have led to new approaches not only to protecting the environment but also to the use of Energy[2].

PWM is the basis of control in power electronics. From design, stable state and dynamic control performance to electromagnetic interference (EMI) and thermal design, it affects almost every aspect of the transformer operation.

The basic principle of commonly used PWM methods is well established and easy to understand [3].

Depending on the material technology improvements, LED Lamps are developed day by day and took their place in the lighting sector.

The research and development of the high-powered white LED has made it possible for LEDs to be used in the field of lighting. That technology will soon surpass traditional lighting systems because of its fairly wide application area, very low energy consumption, high light efficiency, long life, minimal dimensions, wide color range, different color temperatures [4].

In this study, an energy efficiency system was created by using PWM-based switching structure. Studies have been done with the system and the results are shown.

MATERIAL AND METHODS

The system is designed to take the intensity of light in the environment and according to the intensity of light given as reference, the light intensity of the environment is always kept in the same value. As the input values of this system, the luminaires and lighting devices are used in order to adjust the operating voltage of the system and the intensity of the light.

LED Lighting:

LED called as light emitting diode is a semiconductor circuit element that converts electrical energy into light. The most important part of the LED consists of a semiconductor material and a light emitting LED chip. The LED chip is a point light source and the reflective element placed in the sheath allows the light to spread in a certain direction [5]. Figure 1 shows a typical LED module [6].

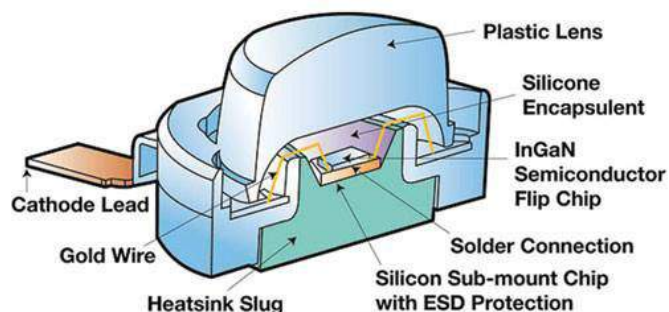


Figure 1. A typical LED Module

The GY-30 BH1750FVI light sensor module is a light intensity sensor card based on the BH1750FVI light intensity sensor. 0-65535lx light intensity can be measured. There is an AD converter on the system designed for this purpose. The digital output sensor card communicates with the I2C protocol. Figure 2.the GY-30 BH1750FVI light sensor module is shown in.



Figure 2. GY-30 BH1750FVI Light Sensor Module

The GY-30 BH1750FVI light sensor module with 3V-5V working voltage is a sensor module that adjusts the light intensity with near spectral response and low measurement error(+/- 20%) to the human eye.

Mikrochip (Arduino):

A physical programming platform consisting of an i/o card and an application of the processing/wiring language. Arduino can be used to develop standalone interactive objects, and can be connected to software running on a computer. The general features of Arduino and applications we can do using these processors are as follows:

It is an open source development platform where you can easily design systems that can interact with its environment.

Arduino cards have 8 and 32 bit microcontrollers on Atmega Company.

You can easily program microcontrollers with Arduino libraries.

Analog and digital inputs allow you to process analog and digital data.

You can use the data from sensors.

You can produce outputs to external world (sound, light, movement, etc.)

In this study, the power is controlled by using the PWM technique with Arduino. With PWM technique, adjusting the light intensity and energy efficiency are achieved.

Liquid Crystal Display (LCD):

The LCD is used for the construction of various devices, from small display screens in calculators to large television screens. There are many advantages to using LCD screens in systems such as being slim-sized, low-cost and power efficient. LCD-based small display modules are normally found on all embedded devices. Figure3.the LCD screen is shown.

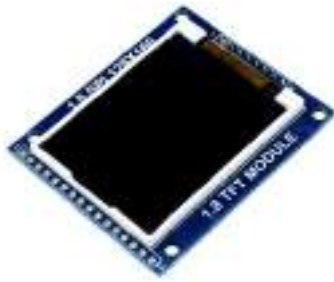


Figure 3. LCD Screen

Pwm Technique:

The PWM technique serves to generate an analogue mean value using binary state digital signals. The power supplied to the system can be set by setting ON-OFF times in a generated square wave. PWM can be obtained as analogue or via microcontrollers. PWM signal is obtained by switching. There are two concepts which are important here. These are frequency and duty cycles.

Duty Cycle:

The ratio of the on-time period of the signal to the fixed t period. It can be expressed as a percentage and always gets a value from 0 to 1. The average value of a PWM signal is directly proportional to duty cycle and is found as $D * V_{max} + (1-D) * V_{min}$. Figure 4. in duty Cycle is shown

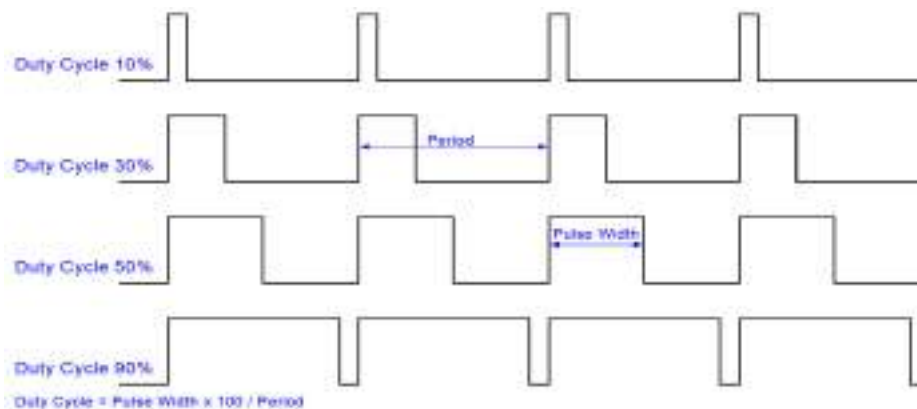


Figure 4. Duty Cycle

Frequency:

PWM frequency should be selected carefully according to the element to be driven. When switching elements such as transformers and DC motors, the frequency must be selected outside the 20Hz-20kHz frequency of the human ear. Otherwise, the circuit may cause disturbing noises during operation. In DC motors, torque decreases as frequency increases. In this case, a suitable choice between torque and noise is required. In the switching power supply, the frequency decreases the coil values and the switching losses increase, so it is necessary to make a suitable choice for the frequency. Figure 5. signal widths are shown.

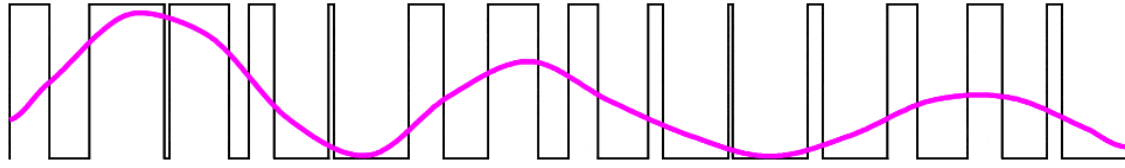


Figure 5. Pulse Width Modulation with Duty Cycle

The brightness of the LED lighting can be adjusted with PWM. If the frequency is low here, the light can make a flicker. This frequency can be adjusted with time dividers via controllers. Figure 6. Different frequency signals are emitted from PWM.

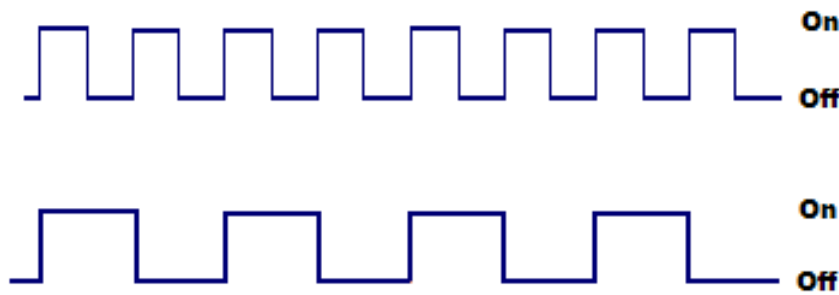


Figure 6. Same Duty Cycle, Different Frequencies

In this study, the lighting intensity required for the environment was determined. Then, to increase energy efficiency and to measure the value of the lux, the lux meter circuit was made. With this circuit, digital information was transferred to the system card designed to measure the lighting intensity in the environment. The luminance intensities of the luminance elements connected to the system are adjusted using the measured Luminance value and the desired Luminance value information. To perform these operations, the system card was created with the Arduino Nano microprocessor. In this way, the information in and out of the system has been checked and the lighting system that provides energy efficiency has been realized.

The block diagram of the designed system is given in Figure 7.

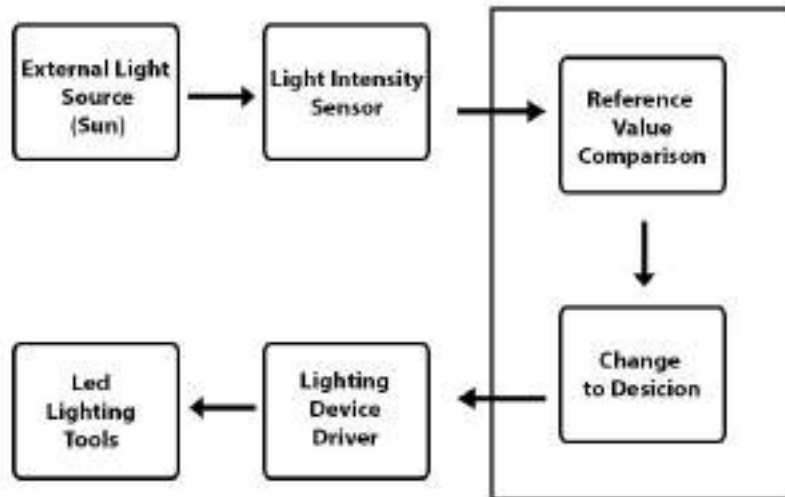


Figure 7. Lighting System Block Diagram for Improving Energy Efficiency

RESULTS AND FINDINGS

With the use of LED lighting devices and sunlight, the desired illumination is achieved by using minimum energy. In this way, it is seen that electricity consumption provides energy efficiency up to 70% compared to the fact that conventional lighting devices remain on continuously. The study, which is thought to be open for 12 hours in the working environment, shows that although the weather varies according to the physical conditions and seasons, an average savings of around 50% can be seen thanks to the use of daylight. According to the designed system and other systems, daily average consumption values are shown in Figure 8.

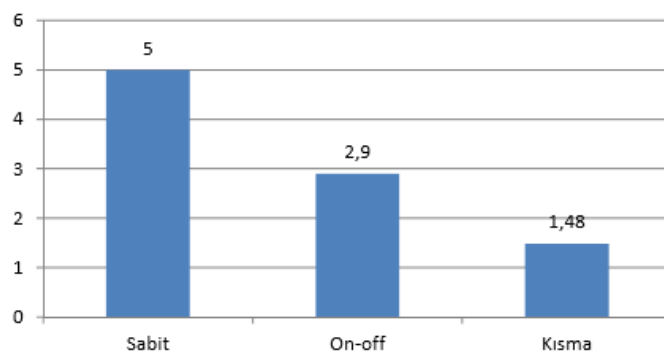


Figure 8. Daily Average Consumption Chart by Methods (kW)

As a result, the use of daylight as an element of lighting and keeping the intensity of light in the environment continuously at the same levels will make a lot of contribution to energy efficiency.

REFERENCES

- [1]. ÇİFTÇİ, B., ERTÜRK, F., & HAVA, A. M. (2014). Modüler çok seviyeli dönüştürücülerde taşıyıcı temelli DGM ile anahtarlama ve kondansatör gerilimi dengeleme yöntemleri. ELECO 2014, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 27-29.
- [2]. ÖZYURT, G., & KARABALIK, K. (2009). Enerji verimliliği, binaların enerji performansı ve Türkiye'deki durum. TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri, 457(54), 32-34.
- [3]. SUN, J. (2012). Pulse-width modulation. In Dynamics and control of switched electronic systems (pp. 25-61). Springer, London.
- [4]. KILIÇ Abdullah, 2013, Kentsel Dış Mekânlarda Led Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Üzerine Örnek Bir Çalışma.(Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler Ve Ulaştırma Yönetimi)
- [5]. EROL, Y., & CANBOLAT, T. (2010). Akım Regüleli LED Test Cihazı Tasarımı. ELECO'2010 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 370-374.
- [6]. STRAVORAVDIS, S. (2013). Lighting offices with LEDs: A study on retrofitting solutions (Doctoral dissertation, Cardiff University).

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY FOR LIGHTING SYSTEMS BY USING PWM TECHNIQUES AND ARDUINO

Aykut BILICI

Naci Topcuoglu Vocational School of Higher Education Gaziantep University,
Gaziantep

aykutbilici@gantep.edu.tr

Ali YASAR

Guneysinir Vocational School of Higher Education Selcuk University, Konya

aliyasar@selcuk.edu.tr

Ismail SARITAS

Faculty of Technology, Electrical and Electronics Engineering Selcuk University,
Konya

isaritas@selcuk.edu.tr

ABSTRACT: Çalışmada led aydınlatma araçları (LLT) ve gün ışığından faydalanılarak aydınlatma kalitesinin artırılması ve elektrik enerjisinin daha verimli kullanılması amaçlanmıştır. Bunun için bir elektronik devre kartı yapılmıştır. Gün ışığının aydınlatma sistemlerine olan etkisini ölçebilmek için devre kartı üzerine bir lüksmetre konulmuştur. Aydınlatma yapılacak alanda led aydınlatma araçları kullanılarak belirlenen aydınlık ortama ulaşılan kadar aydınlık azaltma ve daha aydınlık arttırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Aydınlatmada kullanılan LLT azaltılmasını veya arttırılmasını sağlamak için darbe genişlik modülasyonu (PWM) tekniği kullanılmıştır. Bunun sonucunda belirlenen, referans alınan aydınlık şiddeti elde edilmiştir. Gün ışığının da aydınlatmaya dâhil edilmesi sayesinde, mevsimsel dönemlere ve aydınlatma işleminin yapıldığı ortamın konumuna göre gerçekleştirilen sistem ile elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmıştır. Gerçekleştirilen sistem sayesinde, aydınlatma şiddeti sabit tutularak çalışma ortamlarında motivasyon, huzur ve çalışma arzusunun artması sağlanacaktır. Ayrıca aydınlatma sisteminin daha iyi olması ile çalışanların iş güvenliğinin artmasının yanı sıra hatadan kaynaklı maliyetler düşecektir.

Key words: akıllı, arduino, aydınlatma, led, verimlilik, pwm

COMPARISON OF THE FATIGUE ANALYSIS AND TEST RESULTS OF THE LIGHT COMMERCIAL VEHICLE SHOCK ABSORBER UNDER WORKING CONDITIONS

Serdar GÜNEY

Graduate School of Natural and Advanced Sciences, Bursa Uludağ University,
serdar.guney@icloud.com

Adem ÖZTÜRK

Graduate School of Natural and Advanced Sciences, Bursa Uludağ University,
ademozturk.msc@gmail.com

Elif ERZAN TOPÇU

Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Bursa Uludağ University
erzan@uludag.edu.tr

ABSTRACT: Suspension systems are designed for vehicles to dampen the vibrations from the road while driving and to increase the comfort level and provide safe driving. Shock absorbers are designed as damping elements of suspension systems. Shock absorbers are an important suspension system element in terms of damping the resulting forces caused by spring jam in the suspension system together with the vibrations coming from the road. Although the first effect of this damping is to be felt by the driver and passenger comfortably, the shock absorbers are indispensable for safety. The suspension system, which is a moving system, is constantly exposed to different magnitudes and amplitudes at different amplitudes and frequencies throughout the service life of the vehicle.

In this study, strut type pre-shock absorbers of a light commercial vehicle were evaluated in terms of fatigue performances. Strut shock absorber on the parts of the bend and braking loads under the loads of the shock absorber is examined. In addition to these conditions, the spring plate on which the spring on the shock absorber sits and operates, and the connecting bracket of the anti-roll bar are evaluated under the loads that the shock absorber will be exposed to during the service life. In design development and verification processes, fatigue tests and analyzes were done and the design was confirmed. At the end of the study, the results of the test and analysis were compared and the analysis method was proven in the shock absorber design process.

Key words: shock absorber, strut, fatigue analysis, fatigue test

HAFİF TİCARİ ARAÇ AMORTİSÖRÜNÜN ÇALIŞMA KOŞULLARI ALTINDAKİ YORULMA ANALİZİ VE TEST SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET: Süspansiyon sistemleri araçların seyir halindeyken yoldan gelen titreşimleri sönümlemesi ile konfor seviyesini artırması ve güvenli sürüş sağlaması sebebiyle tasarlanmış sistemlerdir. Amortisörler ise süspansiyon sistemlerinin sönümleyici elemanları olarak kullanılmaktadırlar. Amortisörler yoldan gelen titreşimlerle birlikte süspansiyon sistemindeki yayın sıkışması kaynaklı ortaya çıkan kuvvetleri sönümlemesi açısından önemli bir süspansiyon sistemi elemanıdır. Amortisör enerji yutucu bir eleman olduğu için süspansiyon sisteminde kullanımı önem arz etmektedir. Sönümlemenin ilk etkisi sürüş konforunun sürücü ve yolcu tarafından hissedilmesi olsa da güvenlik açısından amortisörler vazgeçilmezdir. Hareketli bir sistem olan süspansiyon sistemi aracın çalışma ömrü boyunca sürekli olarak çeşitli genlik ve frekanslarda kuvvetlere maruz kalmaktadır.

Bu çalışmada bir hafif ticari aracın strut tipte tasarlanmış ön amortisörleri yorulma performansları açısından değerlendirilmiştir. Strut amortisörün bağlantı parçaları üzerine gelen viraj ve frenleme durumlarındaki yükler altında amortisörün bütünü incelenmiştir. Bu koşullara ek olarak amortisör üzerindeki yayın oturduğu ve çalıştığı yay tablası ile viraj denge çubuğunun bağlantı braketini amortisörün çalışma ömrü boyunca maruz kalacağı yükler altında değerlendirilmiştir. Tasarım geliştirme ve doğrulama süreçlerinde yorulma testleri ve analizleri yapılarak tasarım doğrulanmıştır. Çalışma sonunda ulaşılan test ve analiz sonuçları da karşılaştırılarak amortisör tasarım sürecinde analiz yönteminin geçerliliği tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: amortisör, strut, yorulma analizi, yorulma testi

GİRİŞ

Süspansiyon sistemi, araç gövdesi ve tekerlekler arasında yer alan yay, amortisör, burç, çubuk, bağlantı ve kollardan oluşan bir sistemdir. (Putgöl Y. 2016) Süspansiyon sistemlerindeki gelişmeler, otomotivin tarihi ile başlamış olup uzun yıllardır devam etmektedir. Süspansiyon sistemlerinde yapılan araştırma geliştirme faaliyetlerinin asıl amacı, karmaşık eğrisel elemanlara sahip süspansiyon sistemini yol koşullarına ve sürücünün isteğine göre optimize etmektir (Emekli M.E. 2008).

Gerek araç dinamiğinden kaynaklanan gerekse yoldaki düzgünsüzlükler sebebiyle oluşan hareketleri sönümleyen süspansiyon sisteminin görevleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Rajamani R. 2012, Isermann, R. 2005):

Araç gövdesinin yolun bozucu etkisinden izole edilmesi ve bu sayede aracın konfor özelliklerinin artırılması: Bu özellik genelde aracın gövdesinin hareketi ile ilişkilendirilir. Aynı zamanda aracın yalpalama hareketlerinin kontrol altına alınması da süspansiyonun konfora yönelik görevlerinden birisidir.

Aracın gerek düz gerek düzgün olmayan yol şartlarında ayrıca hızlanma ve fren sırasında yol tutuş özelliklerinin sağlanması: Bu özellik ise dikey kuvvetlerin etkisi sonucunda meydana gelen tekerleğin şekil değiştirmesi ile ilgilidir. Şekil değişiminin azaltılması araçta daha iyi yol tutuşu, çekiş, fren ve dönme özellikleri sağlayacaktır.

Aracın statik ağırlığını dengelemek: Bu özellik süspansiyon stroğu ile ilgilidir.

Otomotiv sektöründe beklentiler yıllar içinde değişiklik gösterirken müşteri isteklerinin de farklı farklı olduğu söylenebilir. Bir grup müşteri iç tasarım, görsellik, konfor gibi noktalara odaklanırken, diğer bir grup ise performans, dayanım özelliklerini ön plana çıkarmak isteyebilmektedir (Güney S., Tüfekçi M. 2016).

Araçlar yol üzerindeki düzgünsüzlükler nedeniyle tekerleğin düşey hareketi sonucu darbelere ve titreşimlere maruz kalırlar. Bu titreşimleri ilk karşılayan süspansiyon sistemi elemanları yaylardır ve titreşimlerin şasiye iletilmesinin engellenmesi yayların sıkışmasıyla mümkün olur. Bu sıkışmadan sonra yayların yavaşça ve hafifçe gevşeyerek hareketlerine devam etmemesi istenir. Bu görevi süspansiyon sisteminde amortisörler gerçekleştirir. (Dixon J. C. 2007) Amortisörlerin bu ve diğer görevleri göz önüne alındığından işlevini sürdürebilmesi için çalışma koşullarında yapısal bütünlüğünün korunması gerekmektedir. Bu sebeple amortisörün alt parçalarının farklı koşullar altında nasıl fiziksel davranışlar gösterdikleri incelenmeli ve tasarım aşamasında gerekli önlemler alınmalıdır.

Otomotiv sektöründe rekabet sebebiyle tasarım ve ürün geliştirme süreçlerinde seçilen metotların hem düşük maliyetli hem de uzun zaman gerektirmemesi önemlidir (Güney S., Tüfekçi M. 2016). Bu sebeple gerçek sistemin çalışma koşullarına uygun olarak modellenmesi ve analizinin yapılması maliyet ve zaman açısından kazanım sağlamaktadır.

YÖNTEM

Bu çalışmada bir hafif ticari araç için tasarlanan strut tip ön amortisör için farklı çalışma koşulları altında yorulma performanslarının incelenmesi amacıyla sonlu elemanlar analizleri ve fiziki parçalar ile testler gerçekleştirilmiştir. Tasarım geliştirme sürecinde öncelikle yorulma analizleri yapılmıştır elde edilen sonuçlara göre gerekli görülen tasarım değişiklikleri yapılarak analizler tekrarlanmış ve analiz sonuçlarına göre üretilen parçalar ile testler yapılmıştır. Analiz ve test sonuçları karşılaştırılarak amortisör tasarım sürecinde yorulma analizi yönteminin güvenilirliği tespit edilmiştir.

Model

Amortisör tasarımlarını etkileyen en önemli faktörler amortisörden beklenen sönümleme kuvvetlerinin büyüklükleri ve çalışma ömrü boyunca dayanımını korumasıdır. Diğer faktörler ise araç paketlemesine uygunluğu, çalışma sırasında farklı boyların aks hareketlerini karşılıyor olması ve yapısal bütünlüğü koruyor olmasıdır. Amortisörün sönümleme kuvvetleri genel olarak gövde borusu çapı, silindir borusu çapı ve piston kolu çapı ile bağlantılıdır. Sönümleme kuvvetinin üst sınırı bu ölçülerle ile belirlenir ve bu sınırlar içinde kalmak koşuluyla kuvvet değerleri valf grubu elemanları yardımıyla ayarlanır.

Amortisörle ilgili alt tasarım parametrelerine ve gerekliliklerine bağlı kalınarak bir hafif ticari aracın ön amortisör tasarımı yapılmıştır. Ön amortisörler Şekil 1’de verilmiştir.



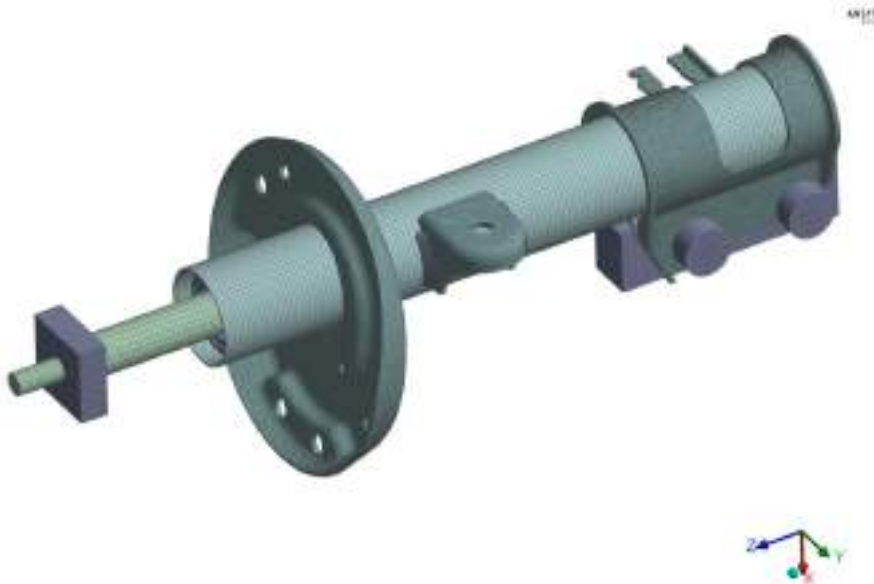
Şekil 1: Strut ve Teleskobik Tip Amortisörler

Sonlu Elemanlar Analizi

Oluşturulan geometrik model sonlu elemanlar analizi yöntemi kullanılarak yorulma açısından değerlendirilmiş ve ömür çevrim sayısı hesaplanmıştır. Katı model Ansys 17.0 ile uyumlu olacak şekilde analize hazırlanmıştır. Ağ modelleri oluşturulmuş, parçalar arasındaki bağlantılar tanımlanmış ve yükleme koşulları belirlenmiştir. Amortisör üzerindeki farklı parçaların durumları, aracın farklı çalışma koşullarına göre incelenmiştir.

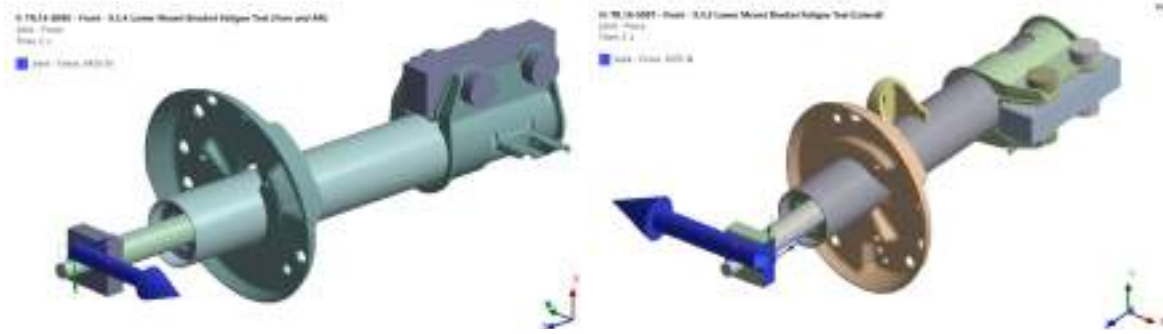
Strut Rijitlik Yorulma Analizi (Frenleme ve Viraj davranışı için)

Strut rijitlik yorulma analizi aracın frenleme ve viraj dönüşlerinde çalışma koşullarının uygulanarak ömür tayin edilmesi amacıyla gerçekleştirilen analizlerdir. Bulunan ömür çevriminin belirli bir rakamın üstünde olması beklenmektedir. Modelin ağ yapısında ortalama düğüm sayısı 479346, eleman sayısı ise 230402'dir. Modelin ağ yapısı görseli Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2: Strut Rijitlik Yorulma Analizi Ağ Modeli

Aracın frenleme ve viraj dönüşü esnasında amortisör üzerine etkiyen kuvvetlerin yönleri ve doğrultuları Şekil 3’de verilmiştir.



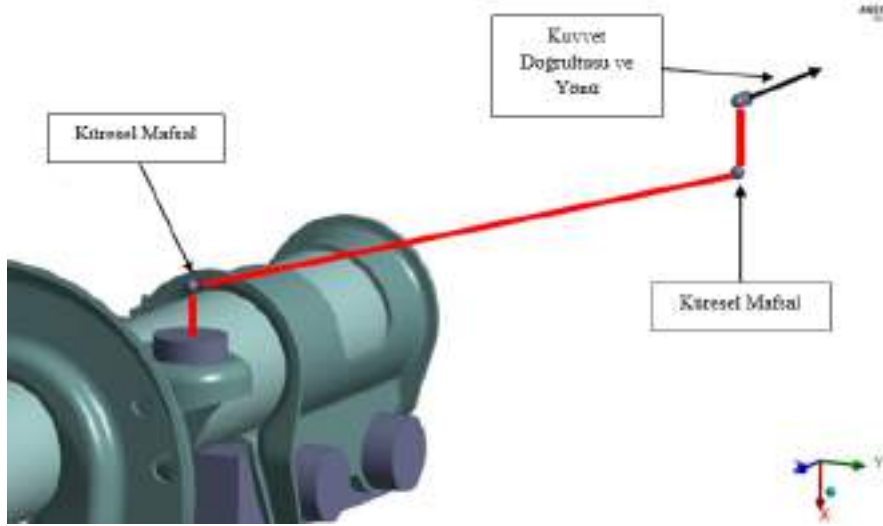
Şekil 3: Aracın Frenleme ve Viraj Dönüşü Esnasında Kuvvetler

Viraj Çubuğu Bağlantı Braketi Yorulma Analizi

Bu analiz aracın viraj çubuğunun bağlantısını sağlayan ve tekerleğin sağa sola hareketleri durumunda etkili olan braketin ömür tayini için yapılmaktadır. Bulunan ömür çevriminin belirli bir rakamın üzerinde olması beklenmektedir. Modelin ağ yapısında ortalama düğüm sayısı 454876, eleman sayısı ise 193154’dür. Modelin ağ yapısı görseli Şekil 4’de, kuvvetin yönü ve doğrultusu ise Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 4: Viraj Çubuğu Bağlantı Braketi Yorulma Analizi Ağ Modeli

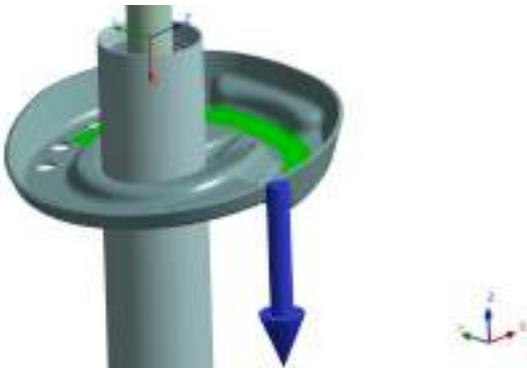


Şekil 5: Viraj Çubuğu Bağlantı Braketi Yorulma Analizinde Kuvvet Yay Çanağı Yorulma Analizi

Strut tip amortisörlerde amortisörün yay aracılığıyla aracın ağırlığını da taşıdığı göz önüne alındığında amortisörün ömür açısından riskli diğer bir parçası da yay çanağıdır. Kaynaklı birleştirme yöntemi uygulanmış bir yay çanağının ömür analizi sonuçlarının belirli bir rakamın üzerinde olması beklenmektedir. Modelin ağ yapısında ortalama düğüm sayısı 336448, eleman sayısı ise 508773'dür. Modelin ağ yapısı görseli Şekil 6'da, çalışma koşullarında üzerine etkiyen kuvvetin yönü ve doğrultusu Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6: Yay Çanağı Yorulma Analizi Ağ Modeli



t

Şekil 7: Yay Çanağı Yorulma Analizinde Kuvvetin Yönü ve Doğrultusu

Strut Tipi Amortisör Sistemi Üzerinde Yapılan Testler

Bir amortisörün çalışma ömrünü tamamlayabilmesi için zorlayıcı olan fiziksel şartlar ve yükleme koşulları uzun yıllara dayanan tecrübeler sonucunda belirlenmiş ve standartlaştırılmıştır. Özellikle araç üreticileri tasarım ve doğrulama standartlarında yer alan testler ile ürünleri henüz tasarım aşamasındayken doğrulamak istemektedirler. Bu tecrübeye dayalı bilgiler ile amortisörlerin çalışma ömrü boyunca maruz kalacağı ve karşılaşması gereken koşullar belirlenerek riskli görülen senaryolar için testler yapılmıştır. Gerçekleştirilen testler aşağıdaki gibidir:

- Strut Rijitlik Yorulma Testi (Frenleme ve Viraj): Test düzeneği Şekil 8’de verilmiştir.
- Viraj Çubuğu Bağlantı Braketi Yorulma Testi: Test düzeneği Şekil 9’da verilmiştir.
- Yay Çanağı Yorulma Testi: Test düzeneği Şekil 10’da verilmiştir.



Şekil 8: Strut Rijitlik Yorulma Test Düzenekleri (Frenleme ve Viraj)



Şekil 9: Viraj Çubuğu Bağlantı Braketi Yorulma Test Düzeneği



Şekil 10: Yay Çanağı Yorulma Test Düzeneği
BULGULAR

Çalışmanın tamamında analizler ve testler ile ortaya çıkan sonuçlar birlikte değerlendirilmiş olup aralarındaki ilişkiler incelenmiştir. Buradaki asıl amaç analizlerin testler yerine kullanılıp kullanılamayacağını incelenmesidir.

Strut Rijitlik Yorulma Analizleri ve Testleri (Frenleme ve Viraj)

Frenleme ve viraj senaryoları için rijitlik durumlarının incelendiği Strut rijitlik analizlerinde Frenleme ve Viraj senaryoları için beklenildiği gibi farklı ömür değerlerine ulaşılmıştır. Ömür değerleri frenleme durumunda 455190 çevrim, viraj durumunda ise 381800 çevrim olarak hesaplanmıştır. Burada kabul edilebilir değer olarak 400000 çevrim olmasına karşın viraj durumunda beklenen sınırın altında kalmıştır. Burada ömür çevriminin en düşük kaldığı nokta tekil nokta olarak tabir edilen ve herhangi bir deformasyonun beklenmediği nokta olarak yorumlanmıştır. Tekil nokta Şekil 11’de gösterilmiştir. Aynı kuvvetlerin uygulanarak gerçekleştirildiği testte amortisörler 400000 çevrimi tamamlamışlardır.



Şekil 11: Viraj Durumunda Minimum Çevrime Sahip Tekil Nokta

Viraj Çubuğu Bağlantı Braketi Yorulma Analizi ve Testi

Viraj çubuğu bağlantı braketi analizlerinde ömür çevrimi 411910 olarak hesaplanmıştır. Bu değer özellikle somun ve braketin örtüşme yüzeyinde ortaya çıkmıştır. Testlerde de beklenildiği gibi 400000 çevrim sınırı aşılmış ve braketle herhangi bir deformasyon görülmemiştir.

Yay Çanağı Yorulma Analizi ve Testi

Yay Çanağı yorulma analizlerinde hesaplanan ömür çevrim değeri 503960'dır. Bu testte de beklenildiği gibi kabul edilebilir değer olan 400000 çevrime kadar bir deformasyon görülmemiştir.

SONUÇ

Sonuçlar incelendiğinde "Sonlu Elemanlar Analizleri" kullanılarak tasarım geliştirme sürecine devam edilmesi durumunda ilk olarak zaman ve maliyet kazanımı göze çarpmaktadır. Yapılan yorulma analizlerinde yüksek gerilmelerin olduğu noktalar aynı zamanda riskli noktalar olduğundan tasarımda iyileştirmelerin hangi noktalara yapılacağı da belirlenmiş olmaktadır.

Yorulma analiz sonuçları incelenirken dikkat edilecek bir nokta da tekil noktaların olup olmadığının kontrol edilmesi ve bu noktalar haricindeki zayıf bölgelerin tespit edilmesidir. Tekil noktaların zayıf bölge olarak yorumlanıp, tasarım sürecine devam edilmesi durumunda ortaya çıkacak tasarım fazla güvenli bir tasarım olacağından maliyetleri arttıracaktır.

Analizler sonrasında iyileştirilen tasarımların prototiplerinin üretilerek fiziki parçalar ile testlere tabi tutulması sonucunda hem analizlerin geçerliliği görülmüş hem de tasarımların doğrulanması yapılmıştır. Analizlerin güvenilir bir metot olarak kullanılması için ayrıca ağ modeli kurulurken özellikle yüksek gerilmelerin oluşmasının öngörüldüğü noktalara ve parçaların birbirleriyle örtüşme alanlarına dikkat edilmesi gerektiği görülmüştür. Riskli noktaların daha fazla eleman içerecek

şekilde ağ modelinin oluşturulması analiz sonuçlarının sağlıklı olması açısından önemlidir.

Sonuçlar göstermektedir ki yeterli hassaslıkta oluşturulan ağ modeli ve test şartlarını temsil edecek şekilde analiz şartlarının belirlenmesi sonuçları güvenilir kılacak ve yorulma analizlerini amortisör tasarım sürecinde önemli bir enstrüman olarak öne çıkaracaktır.

KAYNAKLAR

- Güney S., Tüfekçi M. (2016). Hafif Ticari Araç Amortisörünün Çalışma Koşulları Altındaki Yapısal Analizi, Testleri Ve Sonuçların Korelasyonu, IMSEC; 4224-4232
- Rajamani R. (2012). Vehicle Dynamics and Control, Mechanical Engineering Series, 2nd edition. Springer, New York.
- C. Dixon J. (2007). Chapter 7: Damper Characteristics. The Shock Absorber Handbook, 2nd edition, John Wiley & Sons Ltd, 259-288
- Putgül Y. (2016). Taşıt Süspansiyon Sistemi Çeşitleri ve Ön Düzen Geometrisine Etkileri. Journal of Polytechnic; 19 (2), 195-202
- Emekli, M.E. (2008). Hafif Ticari Bir Araç İçin Yarı Aktif Süspansiyon Sistemi Tasarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye, 1-133
- Isermann, R. (2005). Mechatronic systems fundamentals. Springer, New York

USING THE LAYERED PRODUCTION IN THE DESIGN OF THE BODY COVER OF THE LIGHT COMMERCIAL SHOCK ABSORBER

Serdar GÜNEY

Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Uludag University
serdar.guney@icloud.com

ABSTRACT: Nowadays, design processes are shortened with increasing competition in automotive industry, diversification of customer demands and increasing cost pressure. In the case of physical tests, the need for prototype molds arises in the context of the geometry of the piece and the processes take longer and the costs increase. After a test, the required design improvements and the need for repeat parts have replaced the molding technologies. Three-dimensional printers capable of layered production have an important advantage in meeting the needs at this point. After the development of the materials used by these printers, the use of this technology has increased in the development process of parts requiring high strength. In this study, three-dimensional printers were used for the design of protective housing cover of a light commercial vehicle front shock absorber. The passage of the cover to the shock absorber body requires a force to remove the cover. This force is expected to be above a certain value. Until sufficient strength was reached, the tightness between the pipe and the cap was changed and tests were performed to determine that sufficient strength was reached.

Key words: shock absorber, strut, laminated production, three-dimensional printer

HAFİF TİCARİ ARAÇ ÖN AMORTİSÖRÜNÜN GÖVDE KAPAĞI TASARIMINDA KATMANLI ÜRETİM METODUNUN KULLANILMASI

ÖZET: Günümüzde otomotiv endüstrisinde rekabetin artması, müşteri taleplerinin çeşitlenmesi ve maliyet baskısının artmasıyla tasarım süreçleri kısalmıştır. Fiziki testler söz konusu olduğunda ve parçanın geometrisine bağlı durumlarda prototip kalıp ihtiyaçları ortaya çıkmakta ve süreçler hem daha uzun sürmekte hem de maliyetler artmaktadır. Yapılan bir test sonrası gereken tasarım iyileştirmeleri ve tekrar parça ihtiyacının olması kalıplama teknolojilerinin yerine yeni bir ihtiyacı doğurmuştur. Katmanlı üretim yapabilen üç boyutlu yazıcılar bu noktada ihtiyaçları karşılamak konusunda önemli avantaj ortaya çıkarmıştır. Bu yazıcıların kullandığı malzemelerin gelişmesi sonrası yüksek mukavemet gerektiren parçaların geliştirme süreçlerinde bu teknolojinin kullanımı artmıştır. Bu çalışmada bir hafif ticari araç ön amortisörüne ait koruyucu gövde kapağı tasarımı için üç boyutlu yazıcılardan yararlanılmıştır. Kapağın amortisör gövdesine sıkı geçme olarak geçmesi, kapağı yerinden çıkarmak için bir kuvvet gerektirmektedir. Bu kuvvetin belirli bir değerin üzerinde olması beklenmektedir. Yeterli kuvvete ulaşana dek boru ve kapak arasındaki sıkılık değeri değiştirilmiş ve yeterli kuvvete ulaşıldığının anlaşılması için testler uygulanmıştır.



Anahtar sözcükler: amortisör, strut, katmanlı üretim, üç boyutlu yazıcı

Onur TERKEŞLİ – Dow Türkiye Güney Ofisi, Azerbaycan ve Gürcistan Lideri
Konuşma konusu: “Gelişmiş Enerji Teknolojileri”

INCREASING THE PRODUCTIVITY WITH CHANGING OF SERPENTINE CONDENSING DESING IN STEAM DRYERS

Ali Uğur PAPUÇÇU
ÇMS Tekstil Ar-Ge Merkezi
ugur@balsuyu.com

Sinan ESKİKANBUR
ÇMS Tekstil Ar-Ge Merkezi
seskikanbur@balsuyu.com

ABSTRACT: In this study, the design of the serpentine condensate system of the Santex brand Santashrink S-Jumbo Pro drying machine has been changed and it is aimed to increase the productivity. Serpentine lines in the existing system are connected to separate condensate lines and design was created. In this part, a mechanical float type steam trap is used instead of the reverse bucket trap. As a result of the study, drying rate increased by 10-20% on average. 50% of the time in the machine heating time is saved. As a result, daily production rates increased by 2-3 tons.

Key words: Drying, stenter machine, steam trap, energy conservation

BUHARLI KURUTUCULARDA SERPANTİN KONDENS TASARIMININ DEĞİŞTİRİLEREK MAKİNE VERİMİNİN ARTTIRILMASI

ÖZET: Bu çalışmada, Santex marka Santashrink S-Jumbo Pro model buharlı kurutma makinesinin serpantin kondens sisteminin tasarımı değiştirilerek verimliliğin artırılması üzerine bir araştırma yapılması amaçlanmıştır. Mevcut sistemdeki serpantin hatları ayrı ayrı kondens hatlarına bağlanarak tasarım oluşturulmuştur. Bu kısımda ters kovalı kondenstop yerine mekanik şamandıralı kondenstop kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kurutma hızı ortalama olarak %10-20 arasında artış göstermiştir. Makinenin ısıtılması süresinde %50 oranında zamandan tasarruf sağlanmıştır. Sonuç olarak günlük üretim oranları 2-3 ton artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Kurutma, ramöz makinesi, kondenstop, enerji tasarrufu

GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde enerji kaynaklarının sınırlı olması ve enerji fiyatlarındaki artış, her geçen gün enerji tasarrufunun önemini arttırmaktadır. İşletmelerin düşük maliyette daha az enerji tüketerek üretim yapmaları, günümüz ekonomik koşullarında

önemli bir yere sahiptir. Türkiye’de Tekstil Sanayisi, hem üretim hem de ihracat açısından tüm sanayi dalları arasında ilk sırada yer almakta ve ekonomi içinde en ağırlıklı payı oluşturmaktadır. Sektördeki enerjinin toplam maliyet içerisinde payı %6-14arasındadır. Enerjinin sanayi toplam tüketimi içerisindeki payı ise %7,2’dir. Günümüzde enerji kaynakları azalırken kullanılan enerji maliyetleri sürekli artmaktadır. Bu sebeple enerji tüketimini mümkün olduğunca azaltmak çok önemli hale gelmiştir ve rekabet ortamında firmaların rekabet gücünü arttırmak amacıyla enerji tasarrufu üzerine araştırmalar zorunluluk oluşturmaktadır. (Çınar Gelir, 2017; Yılmaz, 2010).

Sürdürülebilir kalkınmanın en önemli koşulu doğal kaynakların etkin ve verimli kullanılmasıdır. Bu kaynaklar arasında enerji ve su, tüketim miktarı açısından son derece önemlidir. Tekstil terbiye işletmelerinde kullanılan kumaş tipi, lif içeriği, kullanılan boyarmadde ve kimyasal madde tipi ile uygulanan terbiye süreçlerine bağlı olarak enerji tüketimi işletmeden işletmeye büyük farklılık göstermektedir. Diğer yandan bir genelleme yapılacak olursa, uzun işlem süresi ve yüksek sıcaklık gerektiren pamuk ön terbiye işlemleri ile yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen kurutma/fiksaj işlemlerinin enerji tüketimi açısından öne çıktığı görülmektedir. Kurutma ve fiksaj işlemleri çoğunlukla ramözler veya taşıma bantlı kurutucularda gerçekleştirilmektedir (Çay, 2017).

Kurutma işlemi, çeşitli endüstriyel uygulamalarda en önemli işlemlerden biridir. Tekstil endüstrisinde, kurutma işlemi boyama işlemi ile son terbiye işlemleri arasındaki aşamadır ve yüksek miktarda enerji gerektirir. Özellikle, tekstil malzemelerinin üretiminde tüketilen tüm enerjinin% 80'ini kullanır ve tekstil terbiye işlemleri arasındaki en önemli maliyet sorunlarından birini temsil eder. Bu nedenlerden ötürü, kuru bir ürünü minimum maliyetle üretmek için kurutma süresi ve tüketilen enerji dikkate alınmalıdır (Galoppi ve ark, 2017; Johann ve ark, 2014; Baxi ve ark, 2016).Kurutma, eşzamanlı geçici ısı, kütle ve momentum taşınımını içeren karmaşık bir süreçtir. Tekstil malzemesinin kurutulması sırasında, su, yüksek nemli alanlardan düşük nemli alanlara doğru hareket eder, yani dış kısım içten daha kuru olmalıdır. Tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan konveksiyon kurutma işlemi, kurutulacak malzemenin yüzeyine bir sıcak hava akımı geçirmekten ibarettir. Hava akışı konveksiyonla malzemeye ısı transfer eder ve aynı zamanda buharlaşmış suyu taşır (Johann ve ark, 2014) . Kuruma süresi ve hızı, kurutulan malzemenin yapısına, yüzey alanına, kurutma havasının sıcaklığına, hızına ve nemine bağlıdır (Durak, 2012; Akyol, 2011).

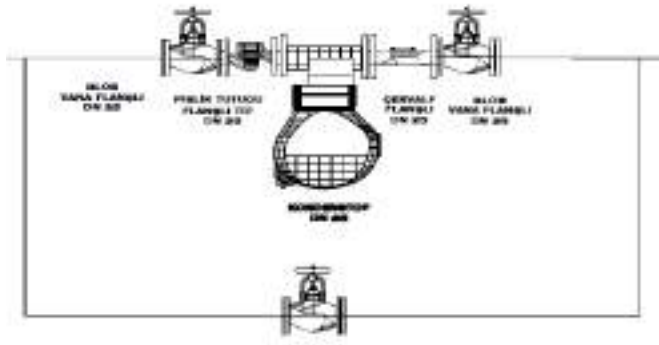
Ramözler, tekstil terbiye işletmelerindeki ana ısı enerji tüketen makinelerdir. Ramöz, tekstil terbiye işletmelerinde, gerek konveksiyon kurutma gerekse diğer kurutma yöntemlerine göre çalışan makineler arasında en önemli ve en çok kullanılan kurutma makinasıdır. Ramöz içerisine verilen toplam ısının bir kısmı kumaş tarafından taşınan ve etrafa verilen ısıdır. Bu ısı yaklaşık % 15 civarındadır. Isının geri kalan kısmı ise, kumaştaki suyu buharlaştırmak ve kurutma havasını ısıtmak için harcanan ısıdır. Bu ısıların toplamı % 85 civarındadır (Çınar Gelir, 2017).

Konveksiyon kurutma, sıcak kurutma gazının nemli tekstil mamullerine teması ile uygulanan bir kurutma yöntemidir. Bu kurutma sırasında iki taraflı bir ısı ve kütle

transferi meydana gelmektedir. Sıcak kurutma gazından nemli tekstil mamulüne doğru ısı transferi gerçekleşmektedir. Nemli tekstil mamulünden kurutma gazına doğru da su buharı transferi gerçekleşmektedir. Sıcak buhar serpantinler arasından geçerek serpantinleri ısıtır. Kumaşa serpantinler arasından geçtiği için ısı ve kütle transferi oluşarak kurutma işlemi gerçekleşir. Bu aşamada buhar ısınıp kaybetmediği için yoğunlaşır ve su olarak kondensatörler vasıtasıyla ortamdan uzaklaştırılarak kondensatörüne dönüşü sağlanır. Ramöz kurutma makinesinde bulunan buhar kondensini uzaklaştırmak amacıyla sistem ters kovalı kondensatöre bağlanmıştır. Ancak bu noktada iki serpantin tek bir ters kovalı stopa bağlanmıştır. Burada serpantinler farklı zamanlarda yoğunlaşabileceği için aynı anda eşit kondens boşaltma yapamayabilmektedir. Bu da makinenin serpantinlerinin geç ısınmasına ve kurutma hızının düşmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada kurutma makinesinin serpantin kondens tasarımının değiştirilerek verimliliği artırıcı önlemlerin alınması üzerine bir araştırma yapılması amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Çalışmada Santex marka Santashrink S-Jumbo Pro model kurutma makinesinde bulunan serpantin kondens sistemi üzerinde tasarım çalışması yapılmıştır. Bu makinede 5 adet kamara ve her kamarada 2 adet olmak üzere 10 tane serpantin bulunmaktadır. Bu kamaralarda buhar kondensini uzaklaştırmak amacıyla sistem ters kovalı kondensatöre bağlanmıştır. Ancak bu noktada 2 serpantin tek bir ters kovalı kondensatör üzerinden kondens tahliyesi yapmaktadır. Serpantinlerin farklı zamanlarda yoğunlaşma durumlarında aynı anda eşit kondens boşaltma yapılamamaktadır. Bu da makinenin serpantinlerinin geç ısınmasına ve kurutma hızının düşmesine neden olmaktadır. Ters kovalı kondensatörlerde buhar, kondensatöre girdiği zaman kovayı yukarı doğru hareket ettirir. Kovaya bağlı kapatma sistemi ile kondensatör kapanır ve buhar kovanın içerisinde kalır. Kondensatör gövdesindeki ısı kayıpları nedeni ile buhar yoğunlaşır ve kova aşağıya doğru hareket eder. Kovaya bağlı valf sistemi ile kondensatör açılır ve kondens tahliye edilir. Mevcut sistemde bulunan kondensatör tasarımı ve görüntüsü Şekil 1’de verilmiştir.

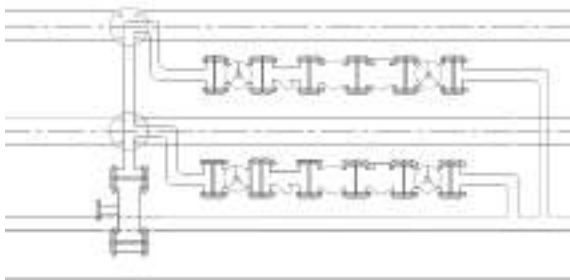


(a)

(b)

Şekil 1. Mevcut Sistemde Bulunan Kondensatör Tasarımı (a) ve Görüntüsü (b)

İki serpantin tek bir ters kovalı topa bağlanması nedeniyle oluşan problemleri önlemek amacıyla serpantin kondensatör tasarımı değiştirilmiştir. Bu aşamada serpantin hatları ayrı ayrı kondensatör hatlarına bağlanarak tasarım oluşturulmuştur. Ters kovalı kondensatör yerine mekanik şamandıralı kondensatör kullanılmıştır. Ayrıca mekanik şamandıra kondensatörler içerisinde kendi hava atıcı mekanizmaları sayesinde hava tahliyesi gerçekleştirilmektedir. Şamandıralı kondensatörler içerisinde bir şamandıra ve bir termostatik eleman ihtiva eder. Kondensin gövde içine girmesiyle birlikte şamandıra yükselir ve vanayı açarak kondensatör tahliye eder kondensatör oldukça şamandıra sürekli olarak kondensatör yüküne bağlı, aşağı yukarı hareket eder. Gövde içerisinde bulunan termostatik eleman ise buhar tesisatında bulunan havayı ve yoğunlaşmayan gazları otomatik olarak tahliye eder. Geliştirilen sistemdeki kondensatör tasarımı ve görüntüsü Şekil 2’de verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 2. Yeni Kondensatör Tasarımı (a) ve Görüntüsü (b)

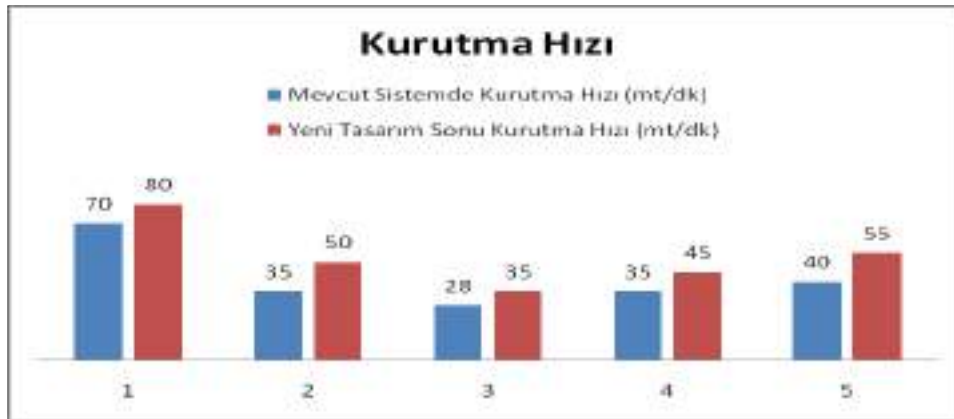
Yeni tasarım oluşturulduktan ve makineye adapte edildikten sonra enerji verimliliği için deneme çalışmaları yapılmıştır. Makinede 5 farklı tipte örgü kumaş kullanılarak denemeler yapılmıştır. Denemelerde kullanılan örgü kumaş bilgileri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Örgü Kumaş Bilgileri

Deney No	Örgü Tipi	Gramaj (gr/mt ²)
1	Süprem 30/1 Penye Pamuk	150
2	Lacoste Çift Toplama 30/1 Polyester	220
3	İki İplik 20/10 Penye Pamuk	260
4	İki İplik 30/30 Full Likralı	270
5	Süprem 30/1 Full Likralı	200

BULGULAR

Çalışmada tasarımı gerçekleştirilen sistem makine üzerine uygun şekilde aktarılmıştır. Makinenin istenilen performansı sağlayıp sağlamadığını incelemek amacıyla farklı tip örgü kumaşlarda kurutma denemeleri yapılmıştır. Bu kumaşların kurutma hızları Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Örgü Kumaşların Kurutma Hızları

Şekil 2 incelendiğinde tüm tipler için kurutma hızlarının arttığı görülmüştür. Kurutma makinesinde kumaş tipine bağlı olarak günde ortalama 12-13 ton örgü kumaş kurutulmaktadır. Bu makineden gerçekleştirilen tasarım sonucunda makinenin günlük üretim kapasitesi ortalama 15 tona çıktığı tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucunda hem enerji tasarrufu hem de zaman tasarrufundan kaynaklı üretim kapasitesi artışı sağlanmıştır. Kurutma işlemi 170 °C’de gerçekleşmektedir. Bu sıcaklığa mevcut sistem ile 15 dakikada ulaşılırken, yeni sistem ile 7-8 dakikada ulaşılmaktadır. Her tip değişiminde makine duruş yapmakta ve temizlik yapılmaktadır. Bu periyodik olarak günde 2 kez uygulanmaktadır.

Mevcut sistemde anlık buhar basıncı dalgalanmasından kaynaklı olarak makine sıcaklığında dalgalanmalar meydana gelmektedir. Bu problem kumaşın nemlilik oranlarının farklılık göstermesine sebep olmaktadır. Geliştirilen tasarım sonrasında sıcaklık dalgalanmaları minimuma çekilerek makine sıcaklığı korunmuştur.

SONUÇ

Çalışmada kurutma makinesi kondenstop sistemi üzerinde gerçekleştirilmiş olan tasarım ile serpantin hatlarının ayrı ayrı bağlanmasıyla sistemin çalışma prensibi değiştirilmiştir. Mekanik şamandıralı kondenstoplar içerisinde kendi hava atıcı mekanizmalar sayesinde hava tahliyesi gerçekleştirilerek farklı zamanlarda yoğunlaşmalardan kaynaklı ısı ve zaman kaybının önüne geçilmiştir.

Çalışma sonucunda kurutma hızı ortalama olarak %10-20 arasında artış göstermiştir. Kurutma makinesi üzerinde gerçekleştirilen denemeler sonucunda makinenin 170 °C'ye ısıtılma süresinde ortalama %50 oranında zaman tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Hem kumaş kurutma hızının hem de duruş sürelerinden elde edilen tasarruflar sonucunda günlük üretim oranları 2-3 ton artış gösterdiği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Çınar Gelir, B., (2017). Tekstil sektöründe kullanılan ramöz makinelerinde ısı geri kazanımı ile enerji tasarrufu, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi

Yılmaz, S., (2010). Tekstil kurutma makinelerinin enerji verimliliğinin artırılması, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi

Çay, A., (2017). Termofiksaj işlemleri için ramöz atık havasından ısı geri kazanım sisteminin enerji ve ekserji analizi, *Journal of Textiles and Engineer*, Cilt:24, No.28, 281-289

Galoppi, G., Ferrari, L., Ferrara, G., Carnevale, E., A., (2017). Experimental investigation on industrial drying process of cotton yarn bobbins: energy consumption and drying time, *ScienceDirect Energy Procedia*, 126, 361-368

Johann, G., Silva, E., A., Motta Lima, O., C., Pereira, N., C., (2014). Mathematical modeling of a convective textile drying process, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 31, No.04, 959-965

Durak, A., (2012). Konvektif bir kurutma prosesinin yapay sinir ağları ile modellenmesi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi



Akyol, E., (2011). Yün iplik bobinlerinin kuruma davranışının incelenmesi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi

Baxi, H., Patel, A., Barve, J., (2016). Modelling and simulation of dryer system, *ResearchGate*, DOI: 10.1109/IIC.2015.7150995



THIS PAGE IS INTENTIONALLY
LEFT BLANK



THIS PAGE IS INTENTIONALLY
LEFT BLANK



MAINTENANCE ROUTING AND SCHEDULING OF OFFSHORE WIND FARMS USING META-HEURISTIC METHODS

Muhammet DEVECİ

ASAP Research Group, School of Computer Science, University of Nottingham, NG8 1BB, Nottingham, UK

Muhammet.deveci@nottingham.ac.uk

ABSTRACT: In the last 20 years, the development of offshore wind farms in the world has become increasingly important. One of the most important reasons for this is that offshore wind turbines have a higher average wind speed than the onshore and therefore generally generate more electricity. Although it is not easy to install offshore wind farms in the sea, even though excess electricity is produced, there is a need for a lot of resources and infrastructure. The biggest cost components for offshore wind farms are operation and maintenance (O & M) costs. In this study, an optimization model and solution method which will make the total cost minimum for the offshore wind farm maintenance scheduling and boat / ship / helicopter routing is proposed. The proposed model will try to find the most suitable schedule for the maintenance of wind turbines, the most suitable routes for the crew transfer ships to serve the turbines, and the number of technicians required for each ship. The proposed algorithm will be compared with the results obtained from another study solved by similar methods in the literature. Statistical methods will be used to test whether the results obtained from these methods are meaningful.

Key words: Offshore wind farms, maintenance scheduling, routing problem, heuristics, energy.

THE SHEAR WALL EFFECT ON CONCRETE STRUCTURES

Nihat Atmaca
Gaziantep University
atmaca@gantep.edu.tr

Saturnin Floris Kacka Sangola
Gaziantep University
florisat.2012@gmail.com

Adem Atmaca
Gaziantep University
aatmaca@gantep.edu.tr

ABSTRACT: The choice of building structures is very important in seismic areas. Most of the destruction during the earthquake is due to the shape of the structure. The shape of the structure, the poor location of the shear walls and the location of the short columns on structures are among the main factors that cause the failure of structural frames. The architectural design irregularities show in different forms in buildings. The present study illustrates the importance of the regular positioning of shear walls. A case study building is analyzed by means of six numerical models which address the behavior of the structures. The parameters are the fundamental period of vibration, lateral displacements, axial and shear forces. It is seen that a change in stiffness matrix of soft storey and the above elevation has a great responsible with increasing the strength demand at the beginning. The different characteristics of shear wall, its regular and irregular location on the structure are investigated via PROTA STRUCTURE software program.

Key words: Shear Wall, Column, Earthquake, Regular and Irregular Structure.

INTRODUCTION

The behavior of structures under earthquake loading is directly dependent with the lateral load resisting systems. Several different structural systems are applied to resist the lateral forces, but only few of the properties are operational with them. In such cases, different structural components or systems may be combined to improve the global seismic response of structures. Configuration to get a satisfactory seismic performance plays an important role in the seismic performance of structures subjected to earthquake forces. According to the literature studies, the buildings with irregular configurations are more vulnerable than their regular counterparts. Concentrations of inelastic demands are expected to occur in zones of geometrical discontinuities, mass and stiffness irregularities. The failure of structures due to insufficient ductility, unanticipated load paths and overstress of components can cause catastrophically collapse of the structure. To prevent unfavorable failure modes, adequate conceptual design is required at the beginning stages of the project. In addition, detailed assessment of the structural configuration is important to achieve

adequate seismic performance. Structural configuration includes two fundamental aspects; overall form and the type of lateral resisting systems.

The Regular and Irregular Structures

Structures with regular plan configurations are compact, i.e. described by polygonal convex lines. Square, rectangular and circular shapes are among the compact configuration of regular structures. Square or rectangular configurations with minor re-entrant corners can still be considered regular. Large re-entrant corners creating crucifix forms give rise to irregular configurations. The dynamic response of the wings generally differs from the whole structure. Multi-mass structures are highly vulnerable at connections between wings. Relative displacements cause severe damage at the intersection of various blocks and torsional effects. Plan configurations with geometrical symmetry such as I and H shapes are also irregular because of the response of the wings. Plan irregularities depend upon the size of setbacks, i.e. re-entrant corners and edge recessed.

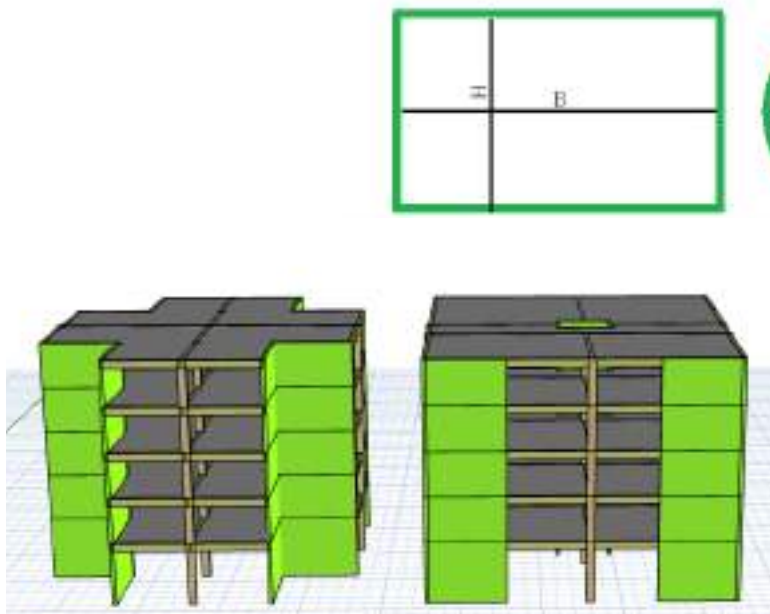


Figure 1. Regular Structures

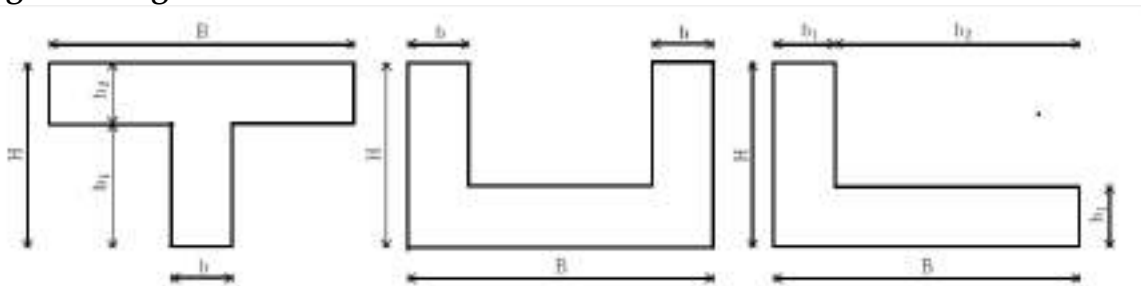


Figure 2a. Irregular Structure

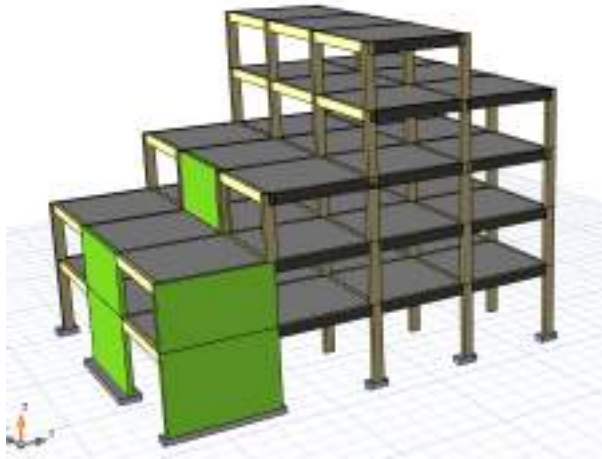


Figure 2b. Irregular Structures

SHEAR -WALL

In structural engineering, a shear wall is a structural system composed of braced panels (also known as shear panels) to counter the effects of lateral load acting on a structure. Wind and seismic loads are the most common loads that shear Wall are designed to carry Shear wall is a structural member used to resist lateral forces i.e. parallel to the plane of the wall. For slender walls where the bending deformation is more, Shear wall resists the loads due to Cantilever Action. In other words, Shear walls are vertical elements of the horizontal force resisting system[1, 2a].

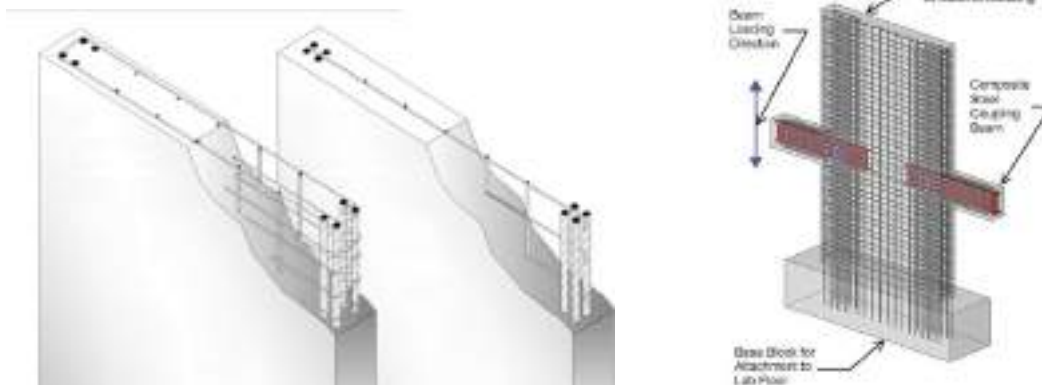


Figure 3. Shear Wall Sections

These walls generally start at foundation level and are continuous throughout the building height. Their thickness can be as low as 150mm, or as high as 400mm in high rise buildings. Shear walls are usually provided along both length and width of buildings (Figure 3) [3]. Shear walls are like vertically-oriented wide beams that carry earthquake loads downwards to the foundation.

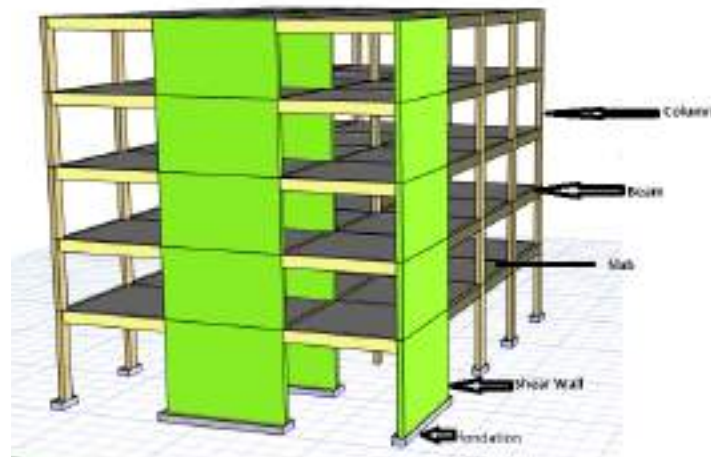


Figure 4. Reinforcement concrete Shear Wall in the building

The position of the Shear Wall in the structure

The shear walls should be placed symmetrically around the outermost walls of buildings.

Door or window openings can be provided in shear walls, but their size must be small to ensure least interruption to force flow through walls. Moreover, openings should be symmetrically located. Special design checks are required to ensure that the net cross-sectional area of a wall at an opening is sufficient to carry the horizontal earthquake force.

Shear walls in buildings must be symmetrically located in plan to reduce ill-effects of twist in buildings (Figure 2). They could be placed symmetrically along one or both directions in plan. Shear walls are more effective when located along exterior perimeter of the building – such a layout increases resistance of the building to twisting.

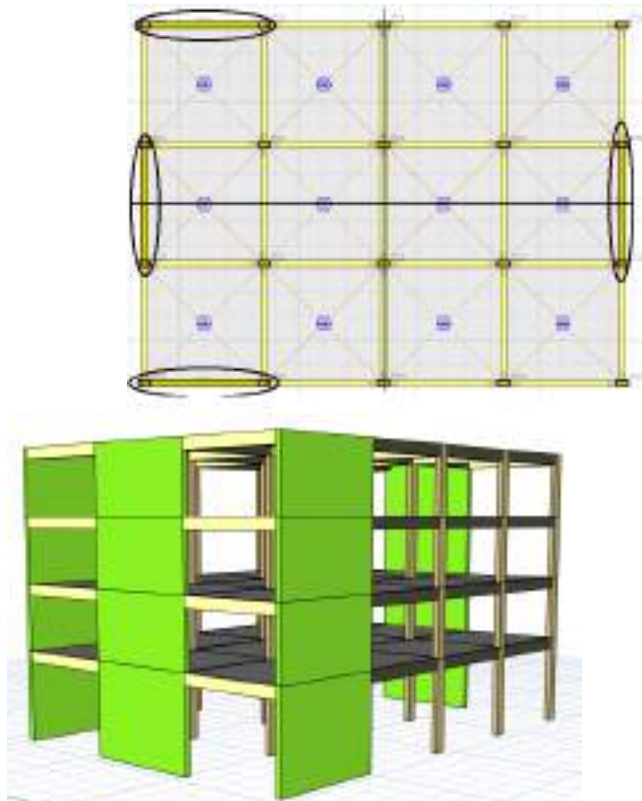


Figure 5. Symmetric location of the shear Wall

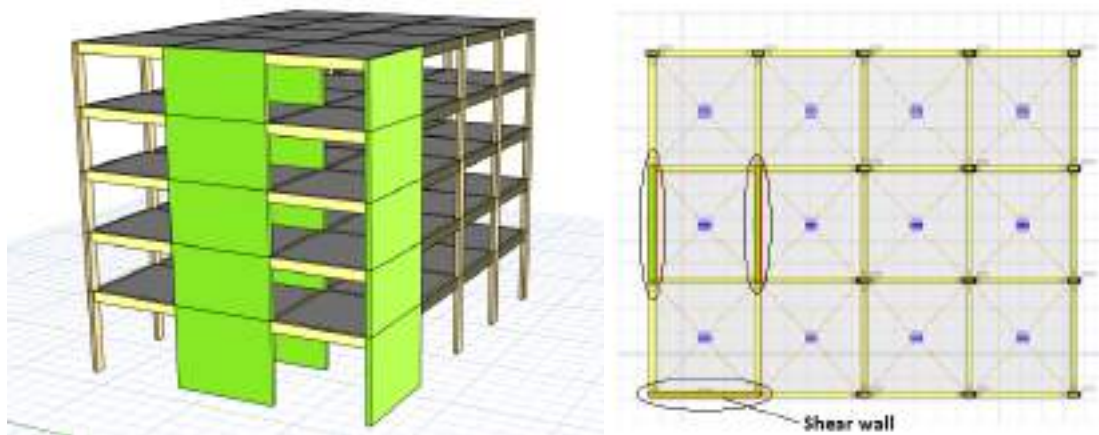


Figure 6. Unsymmetric location of Shear Wall

THE INVESTIGATION OF THE POSITION SYMMETRIC AND UNSYMMETRIC OF THE SHEAR WALL ON CASE STUDIES

This part of the article, is the investigation of the Shear Wall according to the different position on the structure by analyzing both of the structures Symmetrically and Unsymmetrically to figure out the more safely structure during the earthquake. For this, we use the Prota structure Software to do this investigation.

Description of the structure

A five story symmetrical reinforced concrete structure is selected. It has a module typical of residential buildings. The building is comprised of a reinforced concrete structural frame with infill masonry walls. The columns in all selected models are assumed fixed at the base for simplicity since the foundation influence is not the focus of the present study. For the purpose of this presentation the live load is taken to be 3kN/m², the floor finish load is taken as 1.5kN/m². The Wind load is not considered in the structure because it has no bearing on the intended context. The unit weights for concrete and masonry are taken as 25kN/m³ and 20kN/m³ respectively. The elastic modulus of concrete is taken as 28,500MPa and that of masonry is taken as 3,500MPa. The Poisson's ratio for both concrete and masonry is taken as 0.2. The total height of the building is 15 meters. The length of the building is 20 meters while the width is 14 meters. The general layout is kept as regular as possible in order to focus an undistracted attention on the effect of the infill wall distribution. The numerical models are built using PortaStructure version 2016. The live load contribution to the seismic mass is estimated at 30% in addition to the contribution of the full dead load of the structure. In the following study six different models are numerically investigated; they vary in infill walls distribution and in the wall material properties.

Description of the models

In this constructing both of the plans are various numerical models, all columns are assumed to have a rectangle cross section of 60 cm x 30 cm; solid slabs and walls are modeled as shell elements of 25 cm thickness sitting on continuous drop beams of 50 cm x 25 cm section. Beams and columns are modeled as frame elements. The frame element is a two-node element using a three dimensional beam column formulation which includes the effects of biaxial bending, torsion, axial deformation and biaxial shear deformations. Slabs and walls are modeled as shell elements. The shell element is a four-node formulation that combines separate membrane and plate bending behavior. The membrane behavior uses an isoperimetric formulation that includes translational in-plane stiffness components and a rotational stiffness component in the direction normal to the plane of the element. Furthermore, only elements of prime significance to structural behavior are modeled. Window openings are assumed tiny relative to the overall wall area thus not included as they have no appreciable bearing on the general behavior of the structure [5,6]. Since the design is not the objective of the present discussion. The construction material is assumed isotropic and linear. Figure 6 shows the general layout plan of the building used in this presentation. Masonry walls with no reinforcement bars are modeled as contributing to the mass of the structure but provide no ductility provision. Appropriate meshing of all shell elements was generated to assure solution convergence.

For analysis, the G+5 reinforced concrete framed buildings are modeled and analyzed by ProtaStructure V16 software according to the given data using the Turkish Earthquake Cod 2007 and load combinations are prepared according to the TSC2007. The analysis is performed in two phases, First Phase the model is analyzed with the position Symmetric of the shear walls and Second Phase, it is analyzed with the position Unsymmetric of shear walls. Also in all the Phase of the analysis, the structure is located at the same earthquake region (Z2) and the structure is regular building. The results of the models with shear walls & having soft-storey in Ground floor are

compared with the results of model without shear walls and having softstorey in Ground floor.

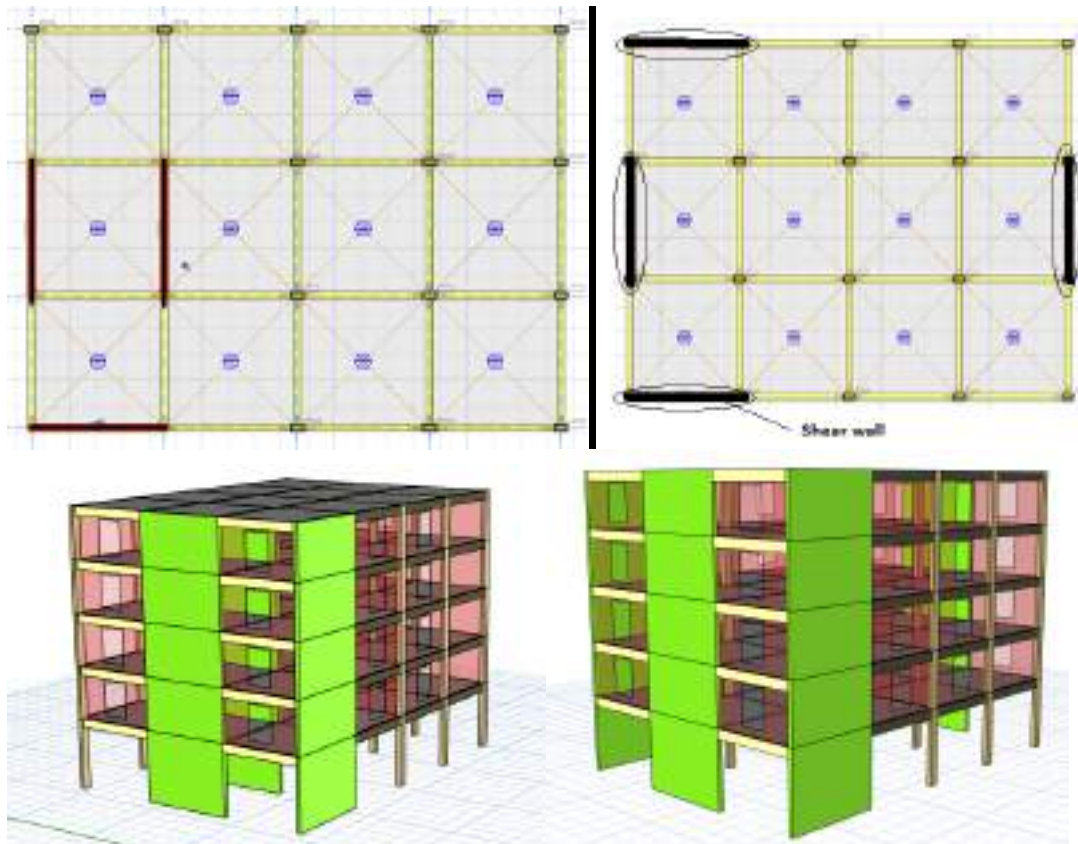


Figure 7. Position Unsymmetric and Symmetric of Shear Wall on the Structure

RESULTS AND FINDINGS

The results of analysis model with the Symmetric position of shear walls and having storeys are compared to the results of models with shear walls and having Unsymmetric position of the structure. Also the locations of shear walls are studied in two cases, for selecting the best locations of shear walls in the Building.

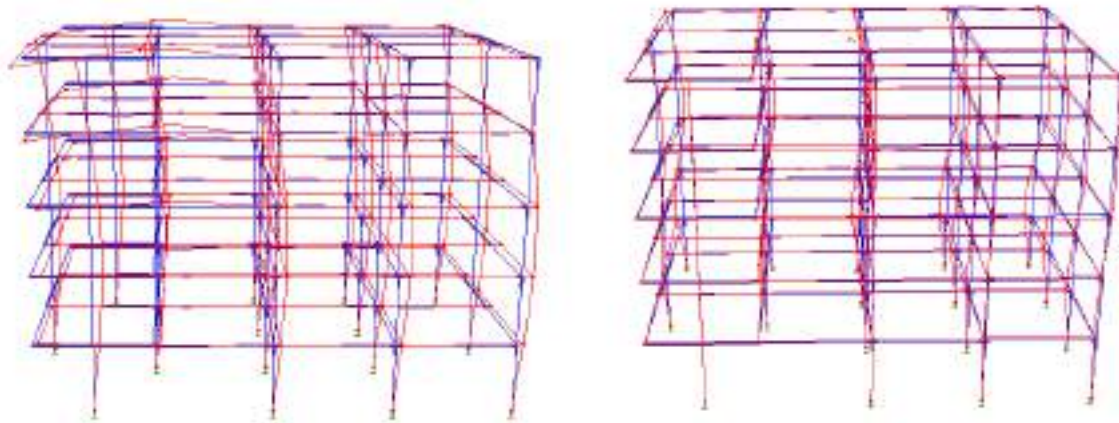


Figure 8. Displacement Symmetric at the Right and Unsymmetric at the Left of Mod5

Table 1. Displacement of the Symmetric Position of the Shear Wall

Mods	Periods	X	Y	Z
Mod1	0.34	0	71.41	7.00E-05
Mod2	0.32	71.8	71.41	7.00E-05
Mod3	0.25	71.8	71.42	71.24
Mod4	0.77	71.8	92.67	71.24
Mod5	0.76	92.68	92.67	71.24
Mod6	0.56	92.68	92.68	92.66

Table 1. Displacement of the Unsymmetric Position of the Shear wall

Mods	Periods	X	Y	Z
Mod1	0.69	22.63	25.78	32.81
Mod2	0.37	71.93	45.99	35.65
Mod3	0.24	74.36	69.33	78.44
Mod4	0.21	78.64	78.22	79.65
Mod5	0.21	79.73	79.25	81.98
Mod6	0.09	92.9	85.39	83.01

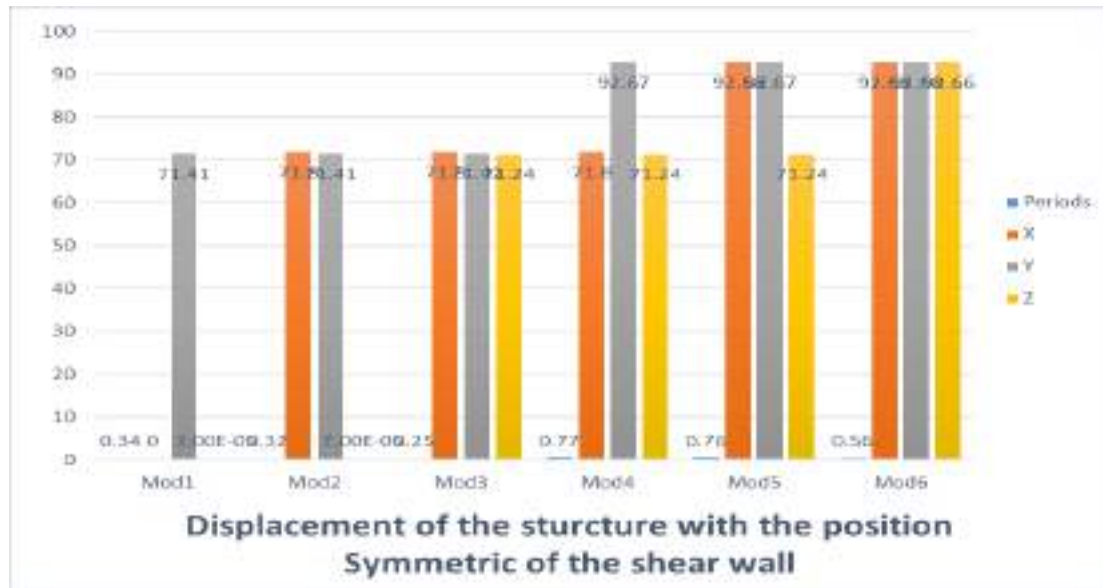


Figure 9. Displacement Symmetric

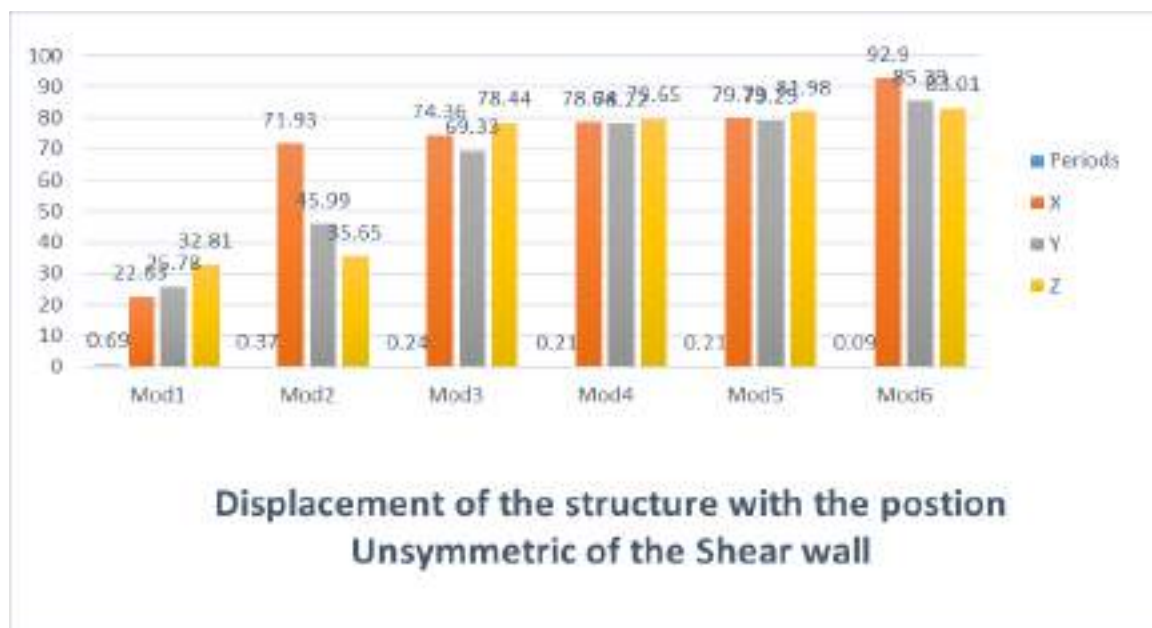


Figure 10. Displacement Unsymetric

We observe that the graphs of the two tables are clear. For each mod corresponds to three directions of the force. And we try to see each case of these displacement according to the Mods.

*Mod 1, of the two-structure figure 9, the displacement is more to the Y direction but on the Figure 10, there are three displacement in all directions.

*In the graph of the Figure9, from Mod2 to Mod6 there more stability during all the vibration so this building is safely on this earthquake area.

*In the graph of the figure 10, from Mod2 to M6 the are also more stabilities in this structure. Although the little difference that appears in each the structure still be safely at the in the earthquake region.

CONCLUSION

In this present study with G+5 storey reinforced concrete building have been selected. The models have been analyzed in two phases, the first phase, the building has been analyzed with the Symmetric Position of the shear walls and second phase, the same building has been analyzed but by the Unsymmetric position of the shear walls. In the cases of our studies we notice that two positions of the Shear Walls on the two regular structures in a seismic zone are not satisfied enough for the destruction of this one of this building. But when the structure has a much higher height, it is very important to consider the Shear Walls position because the weight of each floor will affect and will have important role during any earthquake. We always consider that the symmetrical position in the structure will be the best in all constructions during the seis zones. Because by looking at our result in different positions the displacement of these two building are not very high in all the periods of each of the modes.

REFERENCES

- 1- Civil simplified (<https://www.civilsimplified.com/resources/what-are-shear-walls>)
- 2- Figure 4 Reinforced concrete shear wall with both horizontal and vertical reinforcement. (www.wikizero.pro/index.php?q=aHR0cHM6Ly91bi53aWtpcGV)
- Structural Configurations and systems for effective lateral load resistance http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/141742/10/10_chapter%202.pdf



3- Turkish Code, (ABYYHY), 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri, Ankara.

5. J. I. Daniel, K. N. Shiu and W. G. Corley, "Openings in Earthquake Resistant Structural Walls" Journal of Structural Engineering ASCE, vol. 112. No.7 July 1986.

6. Yasir Jeidi, 2002, "Rigidity of Reinforced Concrete Shear Walls and Effect of Openings" M. Sc. Thesis, Civil Engineering Department, An-Najah National University.

EFFECT OF CURVED CROSS SECTIONAL TWISTED TAPES ON HEAT TRANSFER ENHANCEMENT

Müslüme KÖŞKER

Department of Mechanical Engineering, Gaziantep University
mkosker@gantep.edu.tr

Fuat YILMAZ

Department of Mechanical Engineering, Gaziantep University
fuatyilmaz@gantep.edu.tr

ABSTRACT: This study reports the effect of a curved cross sectional twisted tape in a circular tube on heat transfer enhancement by using ANSYS FLUENT v18. Six kinds of inserts having three curve ratios (1.761, 2.252 and 3.271) and two twist ratios (3 and 4) were used over a range of the Reynolds number between about 5800 and 31000. Air was used as a working fluid. Uniform heat flux was applied on the tube wall. The results of heat transfer, friction factor and performance evaluation criteria (PEC) were compared with smooth pipe. Heat transfer and pressure drop of the curved cross sectional twisted tape inserts were higher than the smooth pipe. Nusselt number of the curved cross sectional twisted tape was higher than the smooth pipe in the range of 31 to 89%. The friction factor was higher than the smooth pipe in the range of 122 to 206%. The range of PEC was determined to be between 1.001 and 1.305. The best PEC was calculated as 1.305 at Reynolds number of 5848 for the maximum curve and minimum twist ratio. The correlations of Nusselt number, friction factor, and PEC of the curved cross sectional twisted tapes are presented.

Key words: Twisted tape, heat transfer enhancement, Reynolds number, Nusselt number, friction factor.

INTRODUCTION

Energy resources have been important day by day by the reason of increasing urbanization, industrialization and technological development, and high living standards. Therefore, in view of the limited natural resource, both the efficient usage of energy source and heat transfer improvement are necessary in many industrial processes such as chemical, auto, heating, and cooling sector. There are three methods for heat transfer enhancement: active, passive and compound method. Passive method generally uses surface or geometrical modifications to the flow channel by combining inserts or extra instrument. Twisted tape inserts are one of the commonly used passive types of the continuous swirling flow devices that generate twin swirling flow motion over the whole tube length of flow for heat transfer augmentation since it has advantages such as easy installation and removal, low manufacture cost, feasibility of installation in an existing tube heat exchanger, etc.

The heat transfer performances of twisted tape inserts having different modifications have been widely investigated by many researchers. During these studies, it was observed that the twisted tape increased the heat transfer rate especially, at the low Reynold numbers (Re) by producing swirling flow. It also increased the undesirable pressure drop. However, increasing performance evaluation criteria (PEC) values with

reduced twist rates were much better than the plain tube. The PEC of improving the heat transfer tube of the short-length tape is lower than that of the full-length one (Eiamsa-Ard, Thianpong, Eiamsa-Ard, & Promvonge, 2009). Eiamsa-Ard, Wongcharee, Eiamsa-Ard, and Thianpong (2010) connected the alternative axis assembly design and wing techniques, and observed that the alternative-axis twisted tape with the largest attack angle would provide higher Nusselt number, friction factors and thermal performance. Eiamsa-Ard, Thianpong, Eiamsa-Ard, and Promvonge (2010) investigated the effect of double and multiple twisted tapes on heat transfer development. Due to the fact that the test tube with multiple twisted tapes produces strong swirl flow, the heat transfer rate for the twisted tapes increased by 12 to 29% compared to the twist ratio of 3 to 5 in the single tape. Saysroy and Eiamsa-ard (2017) conducted a numerical study of the effect of square section placed in the centre of classical twisted tapes in a circular tube on heat transfer and thermal performance. The main findings showed that the ratio of the perforated width to the tape width and the ratio of the perforated length to the tape width decreased, and heat transfer and pressure loss increased. As the ratio of the perforated width to the tape width increases, the thermal development factor has also increased. Wongcharee and Eiamsa-Ard (2011) studied the effect of triangular, rectangular and trapezoidal wing geometries on an alternate-axes twisted tape. Using the flow visualization dye technique, it has been observed that in addition to the usual swirl flow formed by the twisted tapes, the wings and alternate-axes form extra-fluid disturbances on the fluid near the tube wall in favour of the mixture. In this reason, the model with the tape having wings and alternate-axes provided higher heat transfer than other models. Depending on the operating conditions, the thermal performance factor varied from 1.06 to 1.42 for trapezoid, from 1.05 to 1.39 for the rectangle, and from 1.04 to 1.35 for the triangle. Sivashanmugam and Suresh (2006) examined the heat transfer and friction coefficient properties of the full-length helical tapes with increasing and decreasing twist ratios in the circular pipe. Although the heat transfer coefficient increased with the twist rate, there was no significant effect on the increase of the heat transfer coefficient of the tapes with increasing twist ratio and with decreasing twist ratio. Rahimi, Shabani, and Alsairafi (2009) presented an experimental and numerical investigation on the friction factor, Nusselt number, and thermal-hydraulic performance of a tube equipped with one of the classical, perforated, notched, and jagged twisted tapes. In the experimental part of the study, higher Nusselt number and thermal-hydraulic performance were obtained for the jagged twisted tapes compared to the other tapes in the Reynolds number studied. Piriyaungrod, Eiamsa-Ard, Thianpong, Pimsarn, and Nanan (2015) investigated the effects of tapered twisted tapes on heat transfer, pressure drop, and thermal performance factor. They found that heat transfer and friction loss increased when taper angle and twist ratio decreased. The thermal performance factor tended to increase with increasing taper angle and decreasing tape twist ratio. Eiamsa-Ard, Wongcharee, and Sripattanapipat (2009) investigated the heat transfer performance of a tube induced by loose-fit twist tape placement using numerical analysis. Tight-fit twisted tapes provide the best thermal performance factor. It was observed that the ratio of the gap between the twisted tape and the pipe wall to the tube diameter decreased, and the heat transfer and friction factor increased. Guo, Fan, Zhang, and Liu (2011) compared the heat transfer and thermohydraulic performances of a centrally cleaned twisted tape and loose-fit twist tape using numerical analysis in laminar flow. Although the calculation results

showed that flow resistance could be reduced by both tape models, thermal behaviours differed from each other. Although the cutting of the edge of the tapes weakens the heat transfer and thermo-hydraulic performance in tubes with short-width twisted tapes, on the contrary, the heat transfer is further increased for situations with a suitable central clearance ratio for the tubes with center-cleared twisted tapes. It has been found that the thermal performance factor of the tube with a center-cleaned twisted tape can be increased by 7-20% compared to the conventional twisted tape tube. For all Reynolds numbers, the Nusselt number gradually increased until the ratio of the center gap to the pipe diameter reached 0.3, and then gradually decreased. Murugesan, Mayilsamy, and Suresh (2010) increased the roughness on the twisted tapes by attaching the nails and thus caused additional turbulence. As a result of this effect, the Nusselt number, the friction factor, and the thermal enhancement factor in a tube having a spiked twisted tape increased from 1.08 to 1.31, 1.1 to 1.75 and 1.05 to 1.13 times compared to a tube with a conventional twisted tape. In addition to all these studies, the common effects of twisted tapes with other passive methods have been investigated in some studies. Thianpong, Eiamsa-Ard, Wongcharee, and Eiamsa-Ard (2009) examined the compound effect of the friction and heat transfer behaviour of the dimpled tube fitted with twisted tape insert. The results showed that the heat transfer coefficient and the friction factor of the dimpled tube equipped with the twisted tape are higher than those acting on the dimpled tube or straight pipe alone. In addition, it has been found that the heat transfer coefficient and the friction factor increase as the distance between the dimple and the twist ratio decrease. Promvonge (2008) examined the combined effect of the wire coil and twisted tape on the heat transfer in the Reynolds number range from 3000 to 18000. The results showed that the joint use of the wire coil and twisted tape leads to a double increase in heat transfer, depending on the use of wire coil or twisted tape alone. The maximum development factor for the combined use of both turbulators was found to be about 1.54 for the lowest coil pitch, the tape twist ratio, and the Reynolds number. In another publication, Eiamsa-Ard, Nivesrangsarn, Chokphoemphun, and Promvonge (2010) experimentally examined the combined effect of the twisted tape and wire coil having periodically varying pitch ratio with Reynolds numbers ranging from 4600 to 20000. The common effects of the wire coil patterns are arranged in two different ways, as the decreasing coil pitch ratio arrangement or the decreasing/increasing coil pitch ratio arrangement. In the investigated range, the highest thermal performance factor was obtained at 1.25 at the lowest Reynolds number for the twisted tape with wire coil having decreasing/increasing coil pitch ratio arrangement.

There are a number of reviews showing that it is possible to further extend the presented literature (Dewan, Mahanta, Raju, & Kumar, 2004; Garg, Nautiyal, Khurana, & Shukla, 2016; Hasanpour, Farhadi, & Sedighi, 2014; Liu & Sakr, 2013; Sheikholeslami, Gorji-Bandpy, & Ganji, 2015). Under the light of this literature knowledge, there are no data on heat transfer and friction factor inside a circular tube fitted with full length curved cross sectional twisted tape inserts. So, the present paper presents on the heat transfer and friction factor characteristics of turbulent flow through circular tubes equipped with full length curved cross sectional twisted tape inserts. In addition, correlations based on the data gathered during this work for predicting PEC, Nusselt number, and friction factor inside the pipe equipped with curved cross sectional twisted tape inserts are proposed for practical engineering

applications in terms of curve ratio, Reynolds number, twist ratio, and Prandtl number.

NUMERICAL SIMULATION METHOD

Numerical Solution

The commercial CFD program ANSYS Fluent v18 was used to numerical calculation of the governing equations solved with a pressure-based solver under steady condition. Viscous model was defined as standard, k-epsilon model, and enhanced wall treatment. Furthermore, the convergence absolute criteria of 10^{-3} for k and ϵ , and energy, and 10^{-6} for momentum, continuity, energy, x-y-z velocities were selected. Momentum and energy were solved second order, first order for kinetic energy and turbulent dissipation rate.

Mass conservation:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{u}) = 0 \quad (1)$$

Momentum conservation:

$$\frac{\partial(\rho \vec{u})}{\Delta t} + \nabla(\rho \vec{u} \cdot \vec{u}) = \rho g - \Delta P + \nabla \cdot (\bar{\tau}) \quad (2)$$

Energy conservation:

$$\frac{\partial(\rho e)}{\Delta t} + \nabla \cdot (\vec{u}(\rho e + P)) = \nabla \cdot (K_{eff} \cdot \nabla T + (\vec{\tau}_{eff} \cdot \vec{u})) \quad (3)$$

Calculation of the Data

Four parameters are important in the present work such as Reynolds number, friction factor, Nusselt number, and thermal performance factor.

The flow regime can be described from the Reynolds number:

$$Re = \frac{\rho u D}{\mu} \quad (4)$$

The friction factor in term of pressure drop (ΔP) can be expressed:

$$f = \frac{2 \Delta P D}{L \rho u^2} \quad (5)$$

The average Nusselt Number has been calculated from the following equation:

$$Nu = \frac{h D}{k} \quad (6)$$

Performance evaluation factor (PEC),

$$PEC = \frac{\frac{(Nu)}{(Nu)_o}}{[\frac{(f)}{(f)_o}]^{1/3}} \quad (7)$$

The performance evaluation criterion (PEC) is defined as the ratio of the Nusselt number ratio to the friction factor ratio at the same Reynolds number.

Following equations are needed for numerical calculations;

Heat transfer coefficient in terms of constant heat flux calculation by the following equation:

$$h = \frac{q}{T_w - T_b} \quad (8)$$

T_b is the mean bulk flow temperature:

$$T_b = \frac{T_i + T_o}{2} \quad (9)$$

All the fluid thermo-physical properties of the air are determined based on the bulk temperature, T_b .

Prandtl number is calculated by

$$Pr = \mu c_p / k \quad (10)$$

The Gnielinski (1976) Nusselt Number correlation,

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{8}\right)(Re-1000)Pr}{1 + \left(12.7\sqrt{\frac{f}{8}}\right) * \left(Pr^{\frac{2}{3}} - 1\right)} \quad (11)$$

The Petukhov (1970) friction factor correlation,

$$f_p = (0.79 \ln Re - 1.64)^{-2} \quad (12)$$

Geometry of Curved Cross Sectional Twisted Tape

Thickness of twisted tape is 0.0008m with 0.0508m diameter and 1.250m length. Three different radius of the curve (83.09, 57.19 and 44.72 mm) are used for with two different twist ratios (TR) which are described the ratio of the pitch and the diameter of the pipe, 3.0 and 4.0. Pitch of twisted tape is 203.2 mm and 304.8 defined as the distance between two points rotating 180 degrees.

Table 23. Codes the curved cross sectional twisted tapes

Twisted tape name	Curve radius (r)	Twist Ratio(TR)	Curve ratio ($\frac{D_c}{D_p}$)
C1TR3	83.09	3.0	3.271
C2TR3	57.19	3.0	2.252
C3TR3	44.72	3.0	1.761
C1TR4	83.09	4.0	3.271
C2TR4	57.19	4.0	2.252
C3TR4	44.72	4.0	1.761

Mesh of Curved Cross Sectional Twisted Tape

Figure 1 shows the mesh build of the fluid field. The polynomial mesh configuration applies all of the fluid domains with minimum three layers inflation. Inflation is most important due to analyse the wall temperature and turbulence of the between wall and tape inserts. Mesh is completed considering quality values such as Y^+ , skewness and orthogonal quality. That is kept on maximum skewness < 0.95 and minimum orthogonal > 0.1.

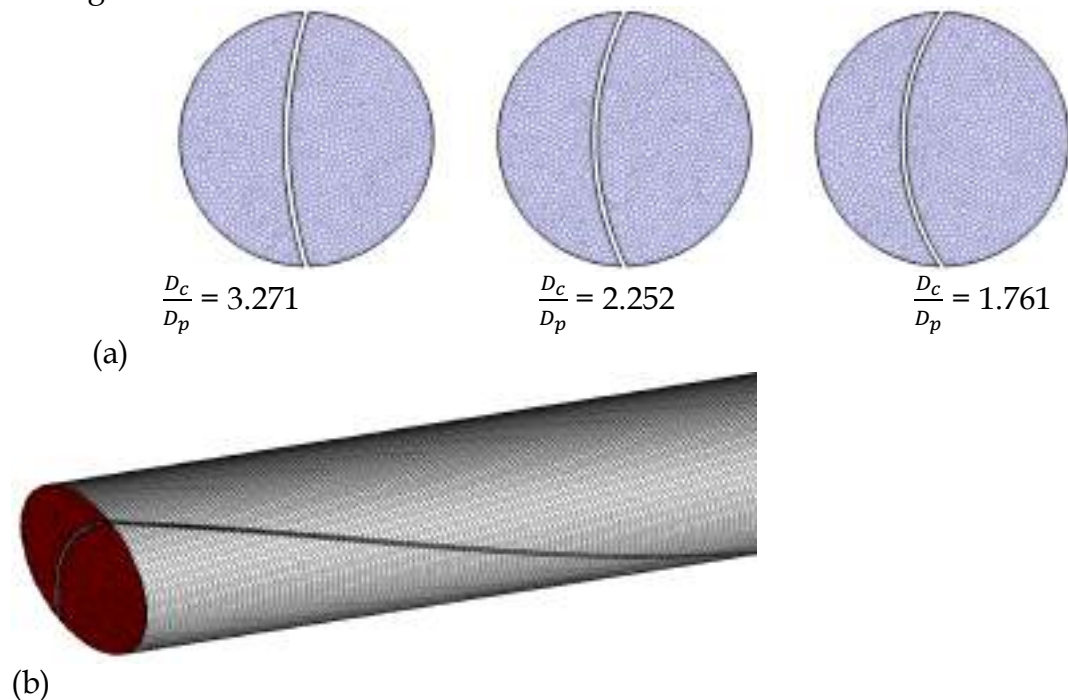


Figure 1. Mesh of curved cross sectional twisted tape (a) Inlet (b) Fluid domain

Boundary Conditions of Study

The fluid inlet temperature was 298.15 K. The turbulence intensity was between 4 and 5% at the inlet. Working fluid was air under the turbulent within the range of Reynolds number from 5800 to 31000. The wall of the pipe was assumed to be perfectly smooth with zero roughness. A constant uniform heat was implemented on the pipe wall.

Validation of Numerical Calculation

The experimental study of Eiamsa-Ard and Promvongse (2010) was used for validation. Two different mesh sizes are tested to select right mesh size for the reliable results. A tetrahedral volume mesh was used with minimum three inflation layers. Table 1 shows that the difference between the results of 3219930 and 4214375 is less than 0.9%, so increasing the mesh number is not needed. The 4214375 mesh number was selected for analyses. The triangular mesh configuration applied all fluid domains at least three layers inflation.

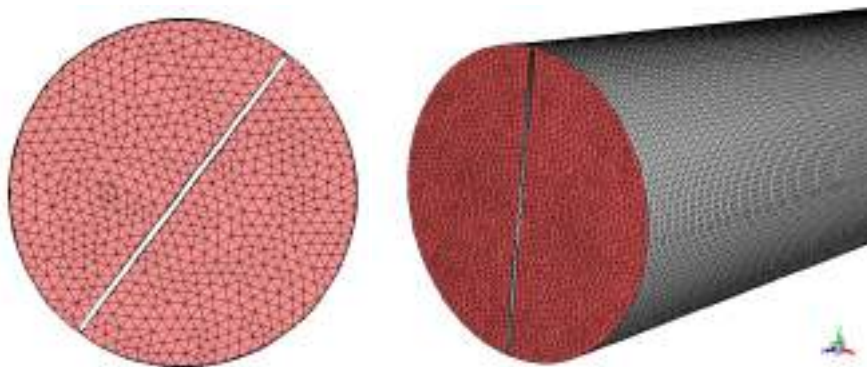


Figure 2. Mesh independency for typically twisted tape

Table 2. Mesh independency for typically twisted tape

Mesh Size	Re	Nu	f
3219930	20132	55.514	0.057681763
4214375	20132	54.975	0.05519035

The turbulence intensities were calculated by

$$I = 0.16 \cdot Re^{(-1/8)} \quad (13)$$

Turbulence intensity was between 4 and 5% in the present study as shown in Table 3.

Table 3. Calculated turbulent intensity values

Velocity	Turbulent Intensity
1.386255	5.906364334
2.151085	5.590728707
2.868113	5.39325651
3.346132	5.290329566
4.302169	5.126720829
4.780188	5.059644256
5.258207	4.999722462
6.214245	4.896401966

Figure 3 shows the numerical and experimental results of Nusselt number versus Reynolds number, and Figure 4 shows the numerical and experimental results of friction versus Reynolds number. The deviation was measured maximum 6% and 7% for Nusselt number and friction factor, respectively. Validation results showed that results of this study are acceptable for investigation of the modified twisted tape inserts.

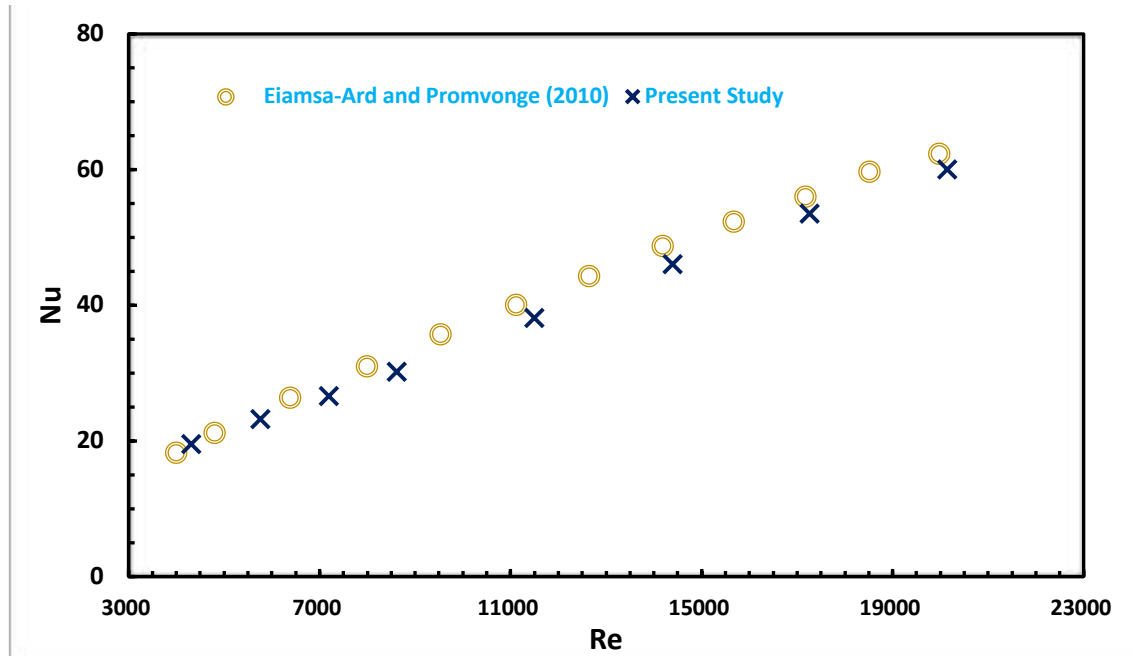


Figure 3. Reynolds number-Nusselt number of numerical according to Eiamsa-Ard and Promvonge (2010) for twisted tape

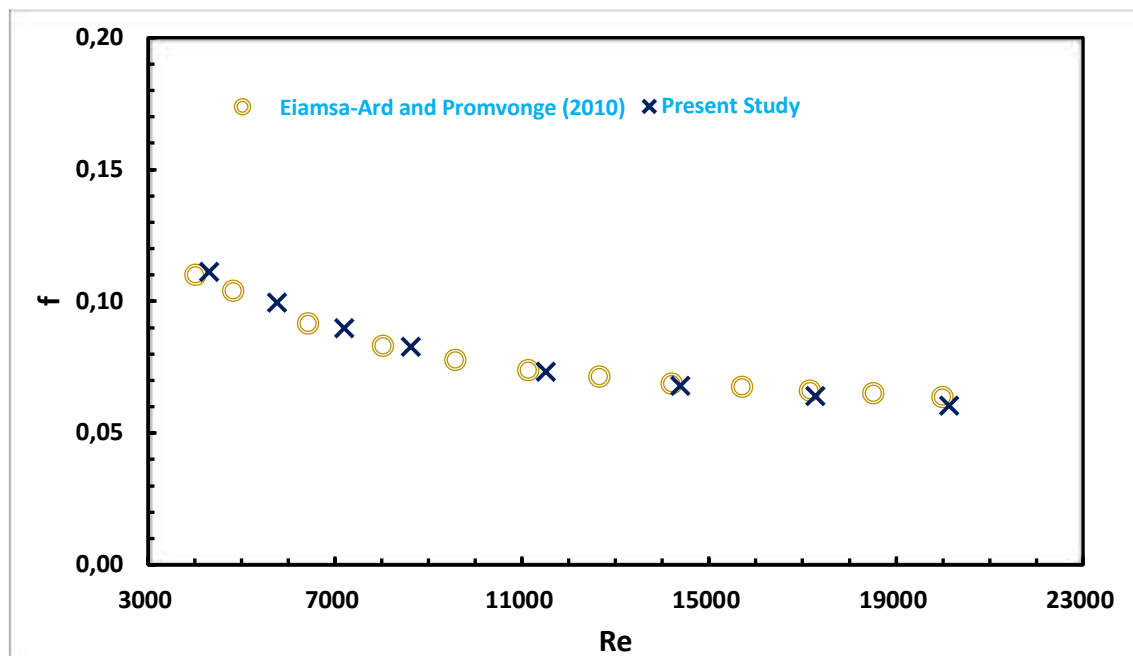


Figure 4. Reynolds number-friction factor of numerical according to Eiamsa-Ard and Promvonge (2010) for twisted tape

RESULT AND FINDINGS

Results were obtained using ANSYS v18.1. All needed parameters for using calculation were taken from twenty four locations on the tested tube. Figure 5 shows

these locations where data were taken in axial direction. Then, Nusselt number, friction factor, and heat transfer coefficient were calculated by given equations in previous.

The effects of the curved cross sectional twisted tape on the heat transfer rate and pressure drop in a circular tube are presented in Figure 6 and 7. As understanding from figures, Nusselt number increases with increasing Reynolds number, friction factor decreases with increasing Reynolds number. Moreover, the friction factor and Nusselt number of the curved cross sectional twisted tapes are similar depending on the twist ratio. All the Nusselt numbers of the new geometry are bigger than the smooth pipe. This means that the curved cross sectional twisted tapes improved the heat transfer due to the strength swirl flow in the pipe. Nusselt number increased with the increasing Reynolds number for all cases and was in the range of 32.9 to 112. Figure 8 shows the performance evaluation factors of all the curved cross sectional twisted tapes. The performance evaluation factors tend to decrease with increasing the Reynolds number. PEC of the curved cross sectional twisted tapes are greater than unity for all runs varied from 1.001 and 1.3. The maximum value of the curve twisted tape was calculated around 1.3 at Reynolds number 5800 for C1TR3 and C1TR4 cases due to the best mixing and high swirl. The analyses show that new twisted tape geometries have advantages according to the smooth pipe. Furthermore, the curved cross sectional twisted tape is suitable for lower Reynolds number in terms of the performance evaluation factor.

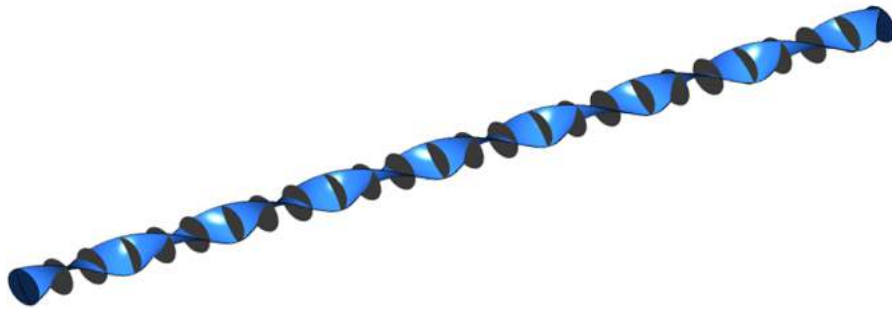


Figure 5. The curved cross sectional twisted tape with data locations

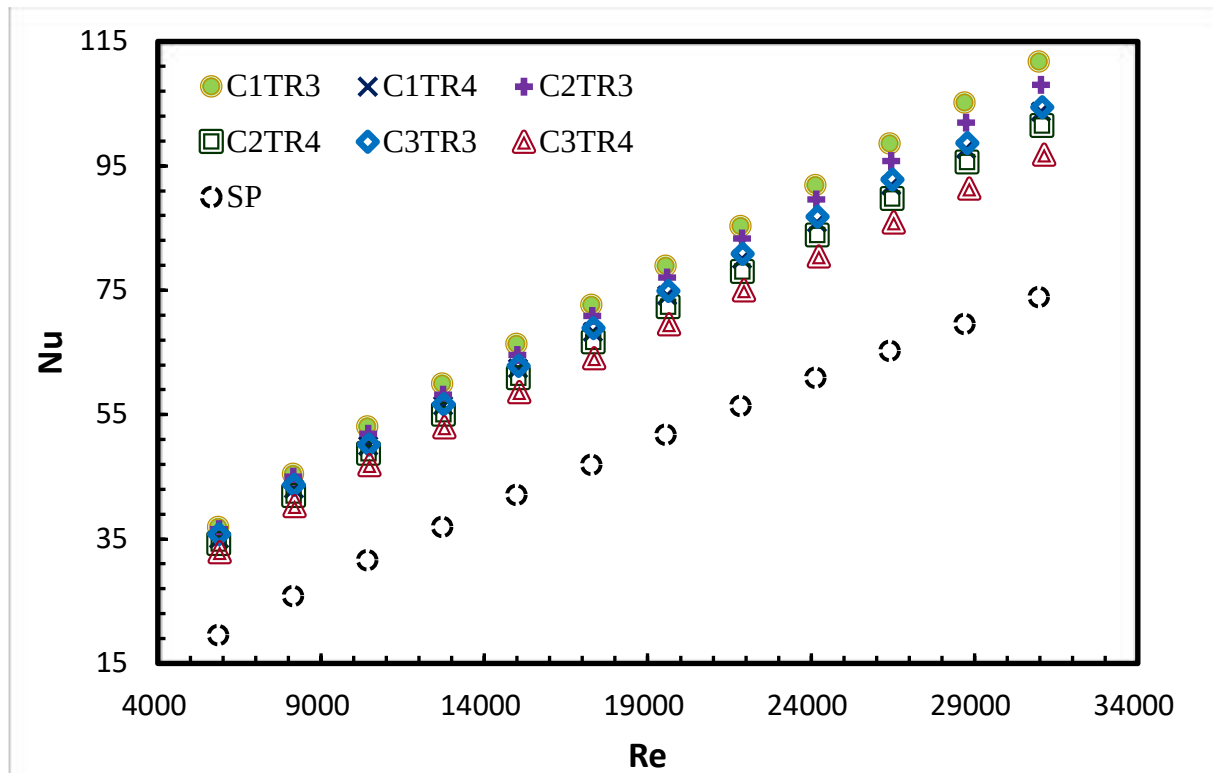


Figure 6. Nusselt number dependence on Reynolds number for the curved cross sectional twisted tape

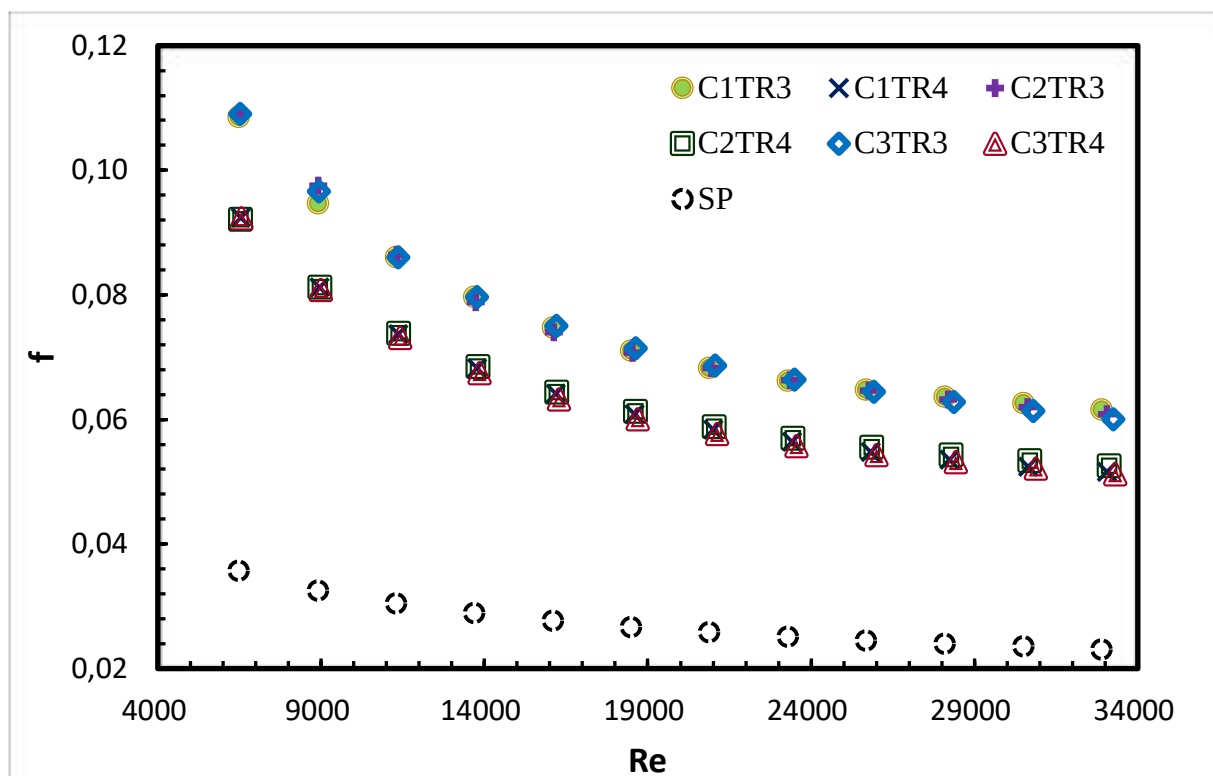


Figure 7. Friction factor dependence on Reynolds number for the curved cross sectional twisted tape

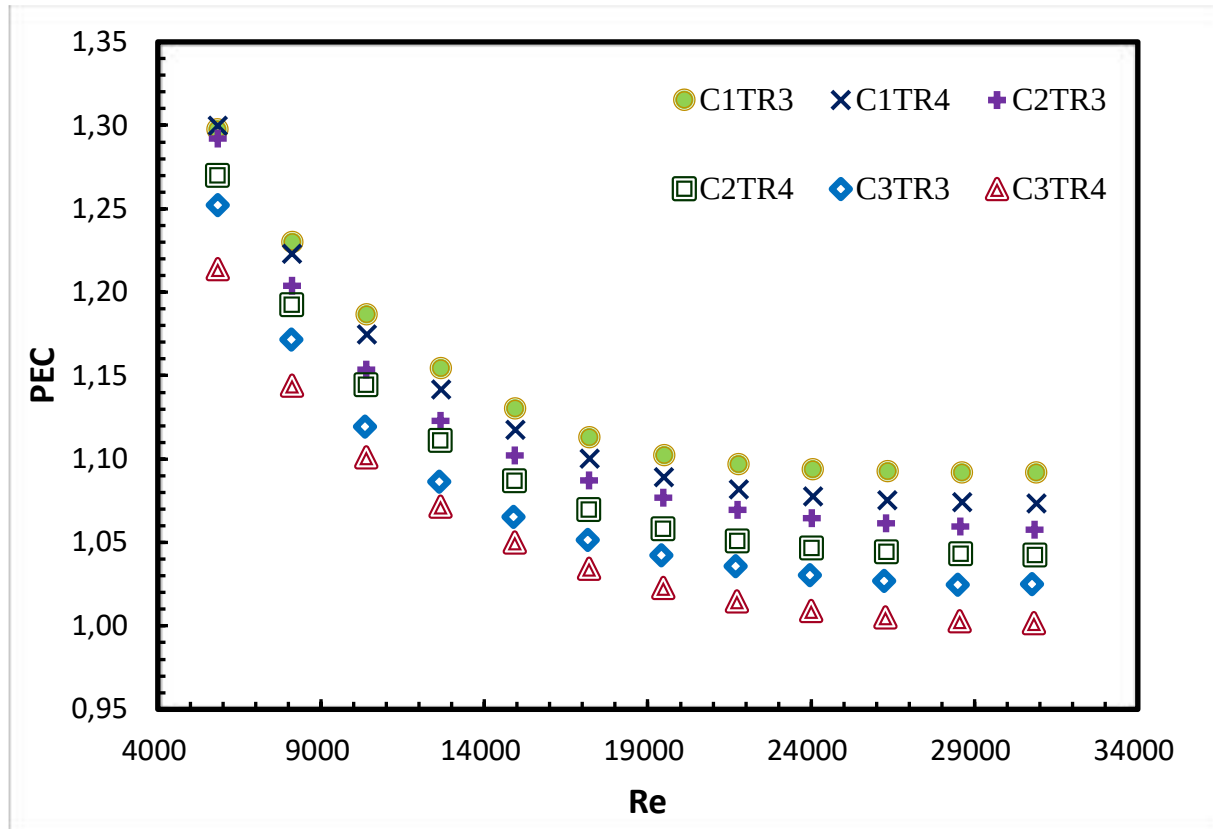


Figure 8. Performance evaluation criteria versus Reynolds number for the curved cross sectional twisted tape

Consequently, the results of Nusselt number, friction factor, and PEC for the curved cross sectional twisted tapes are correlated as given by equations 14 to 16, respectively.

$$Nu = 0.1078 * Re^{0.6671} * Pr^{0.4} * TR^{-0.00002376} * \frac{D_c}{D_p}^{0.09972} \quad (14)$$

$$f = 2.568 * Re^{-0.3704} * TR^{-0.1135} * \frac{D_c}{D_p}^{0.001491} \quad (15)$$

$$PEC = 3.115 * Re^{-0.1155} * TR^{0.00009194} * \frac{D_c}{D_p}^{0.09434} \quad (16)$$

CONCLUSION

This study is investigated the effects of the curved cross sectional twisted tapes on thermal and fluid fields in a circular pipe by using computational fluid dynamics. The analyses made for six different geometries such as three curved cross sectional twisted tapes with two different twist ratios of 3 and 4. The diameter ratios of curve and pipe for curved twisted tape are 1.761, 2.252, and 3.271. Twelve different speeds were used in the analysis. The changes of the heat transfer, pressure drop, and performance of evaluation criteria were found out. According to the analyses of curved cross sectional twisted tapes, the following conclusions can be drawn:

The Nusselt number increased with increasing Reynolds number for all of curved cross sectional twisted tape types. The highest Nusselt number at the highest Re was around 112 and obtained from the C1TR3 model, which has the highest curve ratio

and the lowest twist ratio. The Nusselt number of the C1TR3 was higher than C1TR4 generally 8%. The Nusselt number of curved cross sectional twisted tapes were higher than the smooth pipe approximately in the region of 31 to 89 % for all curved twisted types.

The friction factor decreased with increasing Reynolds number. The maximum friction factor was obtained around 0.11 at the lowest twisted ratio and Re. The curve ratio effect on friction is negligible. The friction factor of curved cross sectional twisted tapes were higher than the smooth pipe approximately 122 to 206%.

The Performance evaluation factor decreased with the rising speed as expected the increasing number of Re. Also it decreased with increasing twist ratio. The maximum value of the curve twisted tape was calculated around 1.3 at Reynolds number 5800 for C1TR3 and C1TR4 cases due to the best mixing and high swirl. Better performance evaluation factors were observed in the lower Reynolds number.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financially supported by the Research Fund of the University of Gaziantep in terms of a research project coded as MF.YLT.17.12.

RECOMMENDATIONS

Although the study presents computational framework on the analyses of the curved cross sectional twisted tapes, there are several status where the present study can be improved to further extend. The future content can be includes;

The study Reynolds number region can be extended to the different flow regimes

The analysis should be repeated for the tapes having the lower twist ratios.

The analyses can be extended to understand thermodynamic advantageous of the tapes by using thermodynamics laws.

The modified geometries of the tapes can be investigated to understand the effect of different cut on the tapes, alternate axis, multi tapes, etc.

Clearance effect between the tape and pipe wall can be investigated.

REFERENCES

- Dewan, A., Mahanta, P., Raju, K. S., & Kumar, P. S. (2004). Review of passive heat transfer augmentation techniques. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 218(7), 509-527.
- Eiamsa-Ard, S., Nivesrangsarn, P., Chokphoemphun, S., & Promvong, P. (2010). Influence of combined non-uniform wire coil and twisted tape inserts on thermal performance characteristics. *International communications in heat and mass transfer*, 37(7), 850-856.
- Eiamsa-Ard, S., & Promvong, P. (2010). Thermal characteristics in round tube fitted with serrated twisted tape. *Applied Thermal Engineering*, 30(13), 1673-1682.
- Eiamsa-Ard, S., Thianpong, C., Eiamsa-Ard, P., & Promvong, P. (2009). Convective heat transfer in a circular tube with short-length twisted tape insert. *International communications in heat and mass transfer*, 36(4), 365-371.

- Eiamsa-Ard, S., Thianpong, C., Eiamsa-Ard, P., & Promvonge, P. (2010). Thermal characteristics in a heat exchanger tube fitted with dual twisted tape elements in tandem. *International communications in heat and mass transfer*, 37(1), 39-46.
- Eiamsa-Ard, S., Wongcharee, K., Eiamsa-Ard, P., & Thianpong, C. (2010). Thermohydraulic investigation of turbulent flow through a round tube equipped with twisted tapes consisting of centre wings and alternate-axes. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 34(8), 1151-1161.
- Eiamsa-Ard, S., Wongcharee, K., & Sripattanapipat, S. (2009). 3-D Numerical simulation of swirling flow and convective heat transfer in a circular tube induced by means of loose-fit twisted tapes. *International communications in heat and mass transfer*, 36(9), 947-955.
- Garg, M., Nautiyal, H., Khurana, S., & Shukla, M. (2016). Heat transfer augmentation using twisted tape inserts: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 193-225.
- Gnielinski, V. (1976). New equations for heat and mass transfer in turbulent pipe and channel flow. *Int. Chem. Eng.*, 16(2), 359-368.
- Guo, J., Fan, A., Zhang, X., & Liu, W. (2011). A numerical study on heat transfer and friction factor characteristics of laminar flow in a circular tube fitted with center-cleared twisted tape. *International Journal of Thermal Sciences*, 50(7), 1263-1270.
- Hasanpour, A., Farhadi, M., & Sedighi, K. (2014). A review study on twisted tape inserts on turbulent flow heat exchangers: The overall enhancement ratio criteria. *International communications in heat and mass transfer*, 55, 53-62.
- Liu, S., & Sakr, M. (2013). A comprehensive review on passive heat transfer enhancements in pipe exchangers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 64-81.
- Murugesan, P., Mayilsamy, K., & Suresh, S. (2010). Heat transfer and friction factor studies in a circular tube fitted with twisted tape consisting of wire-nails. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 18(6), 1038-1042.
- Petukhov, B. (1970). Heat transfer and friction in turbulent pipe flow with variable physical properties *Advances in heat transfer* (Vol. 6, pp. 503-564): Elsevier.
- Piriyarungrod, N., Eiamsa-Ard, S., Thianpong, C., Pimsarn, M., & Nanan, K. (2015). Heat transfer enhancement by tapered twisted tape inserts. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 96, 62-71.
- Promvonge, P. (2008). Thermal augmentation in circular tube with twisted tape and wire coil turbulators. *Energy Conversion and Management*, 49(11), 2949-2955.
- Rahimi, M., Shabaniyan, S. R., & Alsairafi, A. A. (2009). Experimental and CFD studies on heat transfer and friction factor characteristics of a tube equipped with modified twisted tape inserts. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 48(3), 762-770.
- Saysroy, A., & Eiamsa-ard, S. (2017). Periodically fully-developed heat and fluid flow behaviors in a turbulent tube flow with square-cut twisted tape inserts. *Applied Thermal Engineering*, 112, 895-910.
- Sheikholeslami, M., Gorji-Bandpy, M., & Ganji, D. D. (2015). Review of heat transfer enhancement methods: Focus on passive methods using swirl flow devices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 444-469.
- Sivashanmugam, P., & Suresh, S. (2006). Experimental studies on heat transfer and friction factor characteristics of laminar flow through a circular tube fitted with helical screw-tape inserts. *Applied Thermal Engineering*, 26(16), 1990-1997.



- Thianpong, C., Eiamsa-Ard, P., Wongcharee, K., & Eiamsa-Ard, S. (2009). Compound heat transfer enhancement of a dimpled tube with a twisted tape swirl generator. *International communications in heat and mass transfer*, 36(7), 698-704.
- Wongcharee, K., & Eiamsa-Ard, S. (2011). Heat transfer enhancement by twisted tapes with alternate-axes and triangular, rectangular and trapezoidal wings. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 50(2), 211-219.

EFFECT OF REVERSE CURVED CROSS SECTIONAL TWISTED TAPES ON HEAT TRANSFER ENHANCEMENT

Müslüme KÖŞKER

Department of Mechanical Engineering, Gaziantep University
mkosker@gantep.edu.tr

Fuat YILMAZ

Department of Mechanical Engineering, Gaziantep University
fuatyilmaz@gantep.edu.tr

ABSTRACT: The effects of the reverse curved cross sectional twisted tapes in a round tube on heat transfer, pressure drop, and performance evaluation criteria (PEC) were numerically investigated by ANSYS Fluent v18. The analyses included three different curve to tube diameter ratios (0.872, 0.647 and 0.554) and two different twist ratios (3.0 and 4.0). Test runs were conducted using air as analysis fluid with Reynolds number range from 5800 to 30000. Uniform heat flux was applied on the external tube wall. Results show that heat transfer performance is greatly depended on geometry of inserts. Nusselt number of reverse curved cross sectional twisted tape was higher than the smooth pipe in the range of 0 to 85 %. The friction factor was higher than the smooth pipe in the range of 123 to 238 %. The PEC of reverse curved twisted tape is found 0.75 to 1.23 in the range of analysis Reynolds number. The best PEC was estimated as 1.23 at Reynolds number of 5849 for the maximum curve and minimum twist ratio. The statistical correlations for Nusselt number, friction factor, and PEC of the tube equipped with the reverse curve twisted tape were developed.

Key words: Twisted tape, heat transfer enhancement, Reynolds number, Nusselt number, friction factor.

INTRODUCTION

Everyday life needs more and more energy sources due to increasing population, industrialization, and technological development. Therefore, the most important topics of our day are the efficient use of natural resources, and heat transfer enhancement, especially in industry. Passive technique is the popular heat transfer enhancement technique. Twisted tape inserts are one of the commonly used passive types of the continuous swirling flow devices that generate twin swirling flow motion over the whole tube length of flow for heat transfer augmentation. It provides advantages of easy installation and removal, low manufacture cost, feasibility of installation in an existing tube heat exchanger.

Recently, extensive literature reviews related the effect of twisted tape geometry modification on thermal-hydraulic performance of tubes having different twisted tape inserts can be found in the works by (Dewan, Mahanta, Raju, & Kumar, 2004; Garg, Nautiyal, Khurana, & Shukla, 2016; Hasanpour, Farhadi, & Sedighi, 2014; Liu & Sakr, 2013; Sheikholeslami, Gorji-Bandpy, & Ganji, 2015). These reviews present the investigation of the different tape geometrical effects on the heat transfer performance. These studies include the examination of the many geometrical effects of twisted tape on heat transfer enhancement such as classical twisted tape (Kumar & Prasad, 2000),

twist ratio (Eiamsa-ard & Seemawute, 2012; Noothong, Eiamsa-Ard, & Promvonge, 2006), different length of twisted tape (Eiamsa-Ard, Thianpong, Eiamsa-Ard, & Promvonge, 2009), combination of alternate axis (Eiamsa-Ard, Wongcharee, Eiamsa-Ard, & Thianpong, 2010), combination of multiple twisted tape (Eiamsa-Ard, Thianpong, Eiamsa-Ard, & Promvonge, 2010), perforated twisted tape (Saysroy & Eiamsa-ard, 2017), winged twisted tape (S Eiamsa-Ard, K Wongcharee, et al., 2010; Wongcharee & Eiamsa-Ard, 2011), helical twisted tape (Sivashanmugam & Suresh, 2006), notched twisted tape (Rahimi, Shabanian, & Alsairafi, 2009), tapered twisted tape (Piriyarungrod, Eiamsa-Ard, Thianpong, Pimsarn, & Nanon, 2015), loose-fit twisted tapes (Eiamsa-Ard, Wongcharee, & Sripattanapipat, 2009), center-cleared twisted tape (Guo, Fan, Zhang, & Liu, 2011), twisted tape with protrusions (Murugesan, Mayilsamy, & Suresh, 2010), combined effect of dimpled tube and twisted tape (Thianpong, Eiamsa-Ard, Wongcharee, & Eiamsa-Ard, 2009), combine effect of wire coil and twisted tape (Eiamsa-Ard, Nivesrangsarn, Chokphoemphun, & Promvonge, 2010; Promvonge, 2008), etc.

According to the literature, heat transfer rate and pressure drop by the twisted tape inserts is strongly dependent on the geometry and arrangement of the inserts in the tube or channel due to the powerful turbulence and great fluid mixing. There are many studies in the literature to deal with heat transfer enhancement. However, this study consists of reverse curved cross sectional twisted tapes in a circular tube, which are different from others. The computational fluid dynamics (CFD) technique is used for analyzing in this study, which is made the opportunity to analyse the geometry with many data without setting up the experiment rig.

NUMERICAL SIMULATION METHOD

Numerical Solution

The commercial CFD program ANSYS Fluent v18 was used to numerical calculation of the governing equations solved with a pressure-based solver under steady condition. Viscous model was defined as standard, k-epsilon model, and enhanced wall treatment. Furthermore, the convergence absolute criteria of 10^{-3} for k and ϵ , and energy, and 10^{-6} for momentum, continuity, energy, x-y-z velocities were selected. Momentum and energy were solved second order, first order for kinetic energy and turbulent dissipation rate.

Mass conservation:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{u}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho \vec{u})}{\Delta t} + \nabla(\rho \vec{u} \vec{u}) = \rho g - \Delta P + \nabla \cdot (\bar{\tau}) \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho e)}{\Delta t} + \nabla \cdot (\vec{u}(\rho e + P)) = \nabla \cdot (K_{eff} \cdot \nabla T + (\vec{\tau}_{eff} \cdot \vec{u})) \quad (3)$$

Calculation of the Data

Four parameters are important in the present work such as Reynolds number, friction factor, Nusselt number, and thermal performance factor.

$$Re = \frac{\rho u D}{\mu} \quad (4)$$

$$f = \frac{2 \Delta P D}{L \rho u^2} \quad (5)$$

$$Nu = \frac{h D}{k} \quad (6)$$

$$PEC = \frac{\frac{(Nu)}{(Nu)_o}}{\left[\frac{(f)}{(f)_o}\right]^{1/3}} \quad (7)$$

The performance evaluation criterion is defined as the ratio of the Nusselt number ratio to the friction factor ratio at the same Reynolds number. Convective heat transfer coefficient was calculated in terms of constant heat flux by the following equation:

$$h = \frac{q}{T_w - T_b} \quad (8)$$

where T_b is the mean bulk flow temperature and calculated by

$$T_b = \frac{T_i + T_o}{2} \quad (9)$$

All the fluid thermo-physical properties of the air are determined based on the bulk temperature, T_b . Prandtl Number is calculated by

$$Pr = \mu c_p / k \quad (10)$$

To obtain the PEC, friction factor and Nusselt number for smooth pipe must be calculated. The friction factor correlations of Petukhov (1970) and Nusselt number correlation of Gnielinski (1976) were used for this purpose.

$$f_P = (0.79 \ln Re - 1.64)^{-2} \quad (11)$$

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{8}\right)(Re-1000)Pr}{1 + \left(12.7\sqrt{\frac{f}{8}}\right) * \left(Pr^{\frac{2}{3}} - 1\right)} \quad (12)$$

Empirical correlations Nusselt Number and friction factor developed by Chokphoemphun, Pimsarn, Thianpong, and Promvonge (2015).

$$Nu = 0.092 * Re^{0.65} * Pr^{0.4} * N^{0.46} \quad (13)$$

$$f = 0.791 * Re^{-0.33} * N^{0.873} \quad (14)$$

Geometry of Reverse Curved Cross Sectional Twisted Tape

Thickness of twisted tape was 0.0008m with 0.0508m diameter and 1.250 m length. Three different radius of the reverse curve (22.161mm, 16.441mm and 14.081mm) were used for twisted tape with pitch 203.2 and 304.8mm, which are the distance between two points rotating 180 degrees. Moreover, a twist ratio (TR) of 3.0 and 4.0 which is described the ratio between the pitch and the diameter of the pipe.

Table1. Codes of the reverse curved cross sectional twisted tapes

Twisted tape name	Curve radius (r)	Twist ratio (TR)	Curve ratio (r/R)
R1TR3	22.161	3.0	0.872
R2TR3	16.441	3.0	0.647
R3TR3	14.081	3.0	0.554
R1TR4	22.161	4.0	0.872
R2TR4	16.441	4.0	0.647
R3TR4	14.081	4.0	0.554

Mesh of Reverse Curved Cross Sectional Twisted Tape

Figure 1 shows the mesh build of the fluid field. Polynomial method mesh was used all fluid domains with minimum three layers inflation for modified twisted tape inserts. Inflation was most important due to the wall temperature and turbulence of the between wall and tape inserts. Mesh was completed considering quality values such as Y^+ , skewness and orthogonal quality. That was kept on maximum skewness < 0.95 and minimum orthogonal > 0.1.

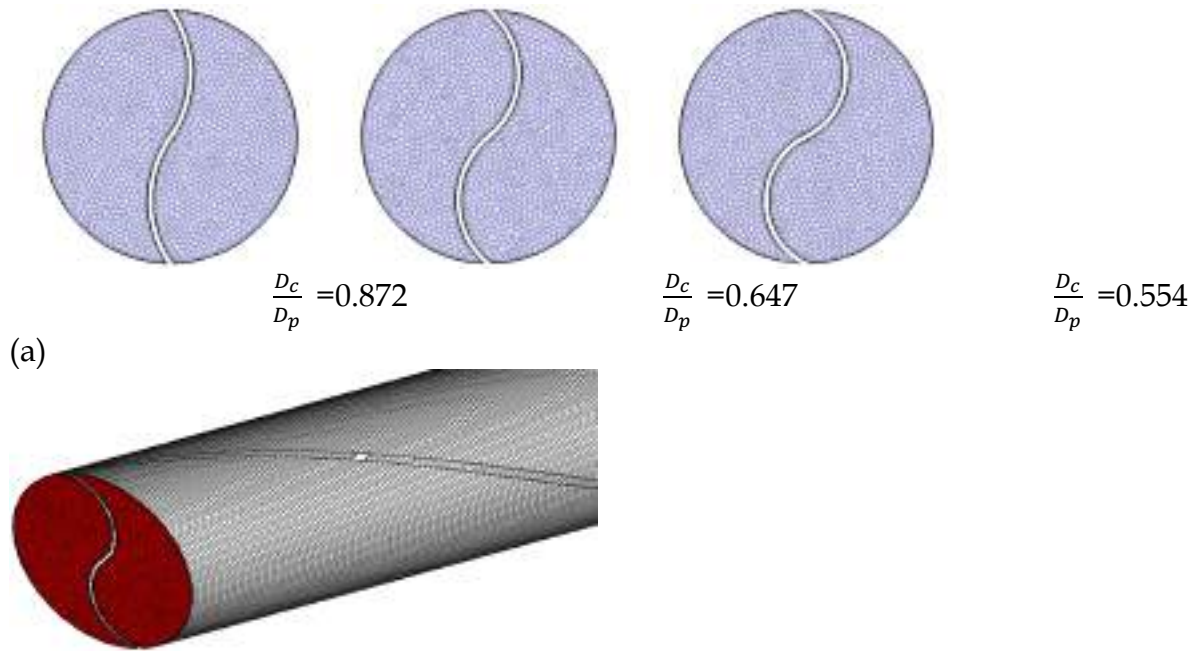


Figure 1. Mesh of reverse curved cross sectional twisted tapes (a) inlet (b) fluid domain

Boundary Conditions of Study

The fluid inlet temperature was 298.15 K. The turbulence intensity was in the range of 4 and 5% at the inlet. Working fluid is air under the turbulent within the range of Reynolds number from 5800 to 30000. The wall of the pipe is assumed to be perfectly smooth with zero roughness. A constant uniform heat was applied on the pipe wall.

Validation of Numerical Calculation

The experimental study of Chokphomphun et al. (2015) was used for validation. ANSYS Fluent Release 18.1 program was used to mesh and solve the governing equations. A tetrahedral volume mesh was used with minimum three layers inflation. Three different mesh sizes were tried to select right mesh size for a reliable result. The 3243239 mesh size was selected due to the close Nusselt Number and friction factor at same the Reynolds number as understanding from below Table 2.

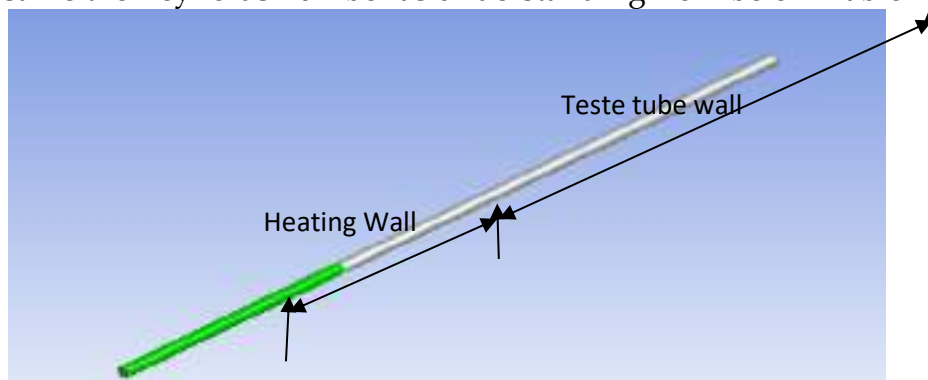


Figure 2. Geometry of test tube

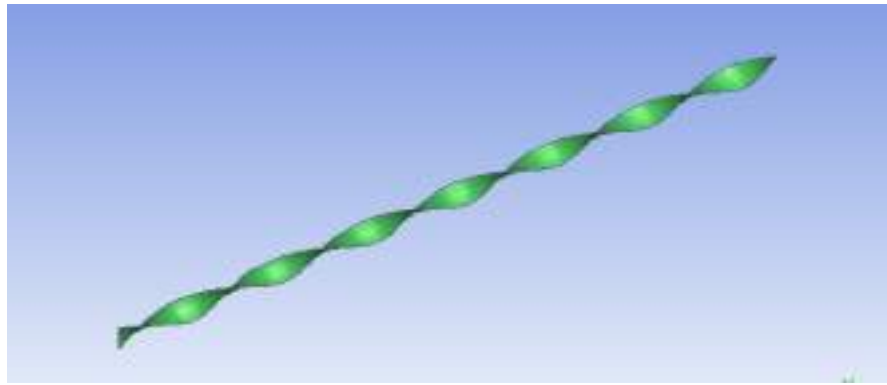


Figure 3. Geometry of twisted tape

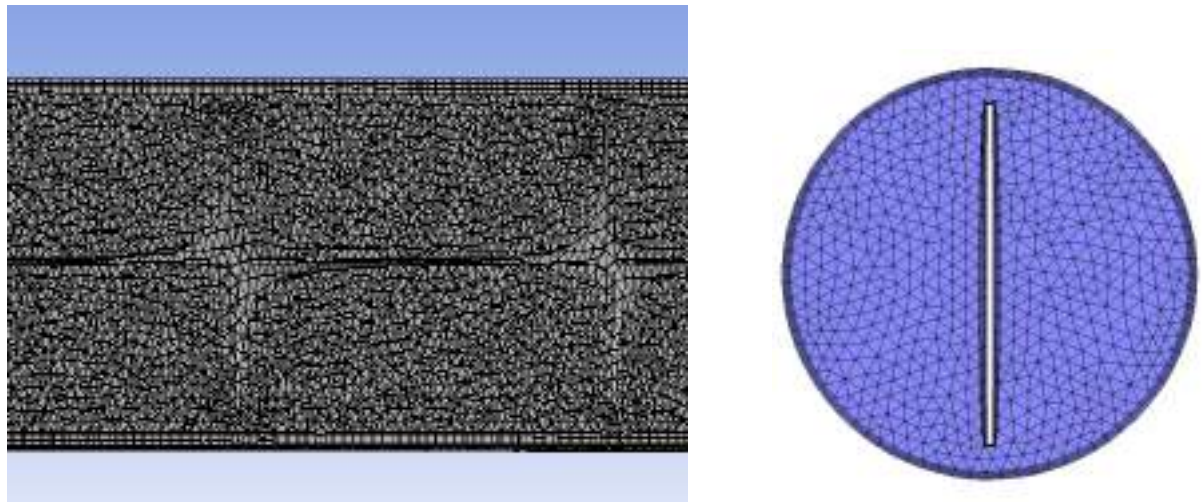


Figure 24. Inflation and mesh of typically twisted tape

Table 2. Mesh independency test for typically twisted tape

Mesh Size	Re	Nu	f
3243239	20866,89	57,01	0,03737
4193895	20904,54	57,19	0,03811
5505248	20950,22	58,151	0,03889
6297857	20966,102	58,530	0,03922

The turbulence intensities were calculated by

$$I = 0.16 \cdot Re^{(-1/8)} \quad (11)$$

Turbulence intensity was between 4 and 5% in the present study as shown in Table 3.

Table 3. Calculated turbulent intensity values

Velocity	Turbulent
1.53723	5.517581186
2.30584	5.244901358
3.07443	5.059644256
3.84307	4.920465953
4.61169	4.809595751
5.3803	4.71780761
6.14892	4.63971424
7.68615	4.512087173

Figure 5 shows the numerical and experimental results of Nusselt number versus Reynolds number and Figure 6 shows the numerical and experimental results of friction versus Reynolds number. The deviation was measured maximum 7% and 12% for Nusselt number and friction factor, respectively. Validation results showed that results of this study are acceptable for investigation of the modified twisted tape inserts.

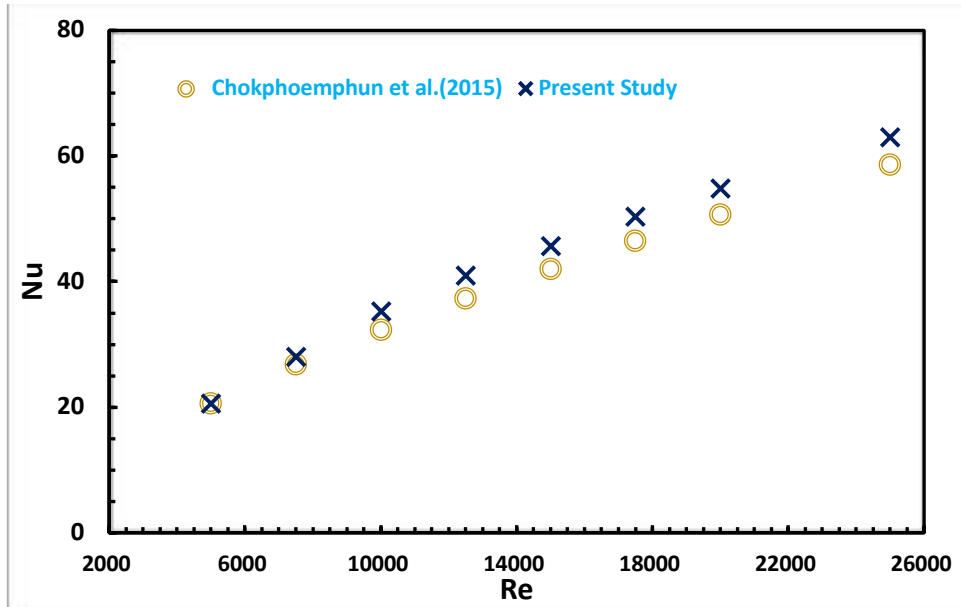


Figure 5. Reynolds number-Nusselt number of numerical according to Chokphoemphun et al. (2015) for twisted tape

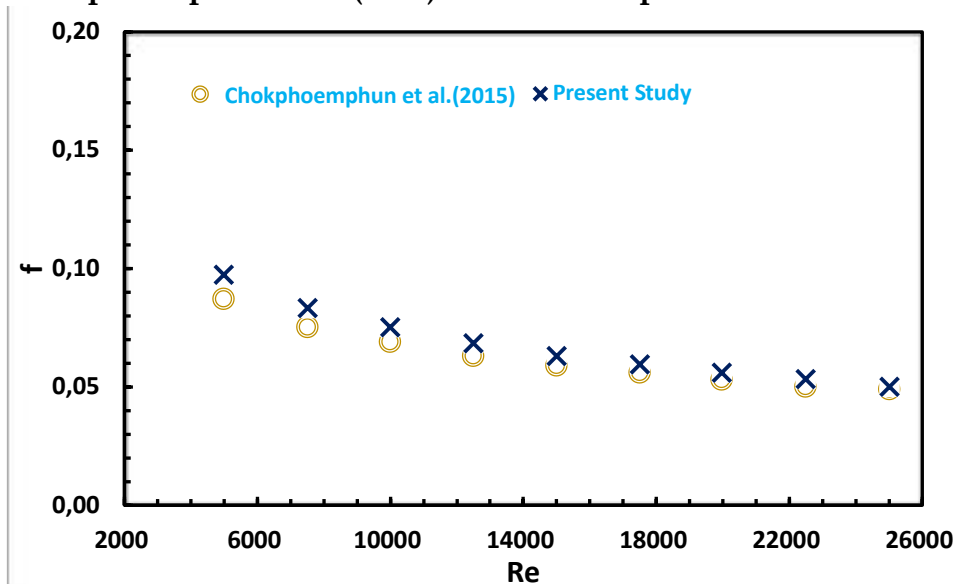


Figure 6. Reynolds number-friction factor of numerical according to Chokphoemphun et al. (2015) for twisted tape

RESULT AND FINDINGS

Results were obtained using ANSYS Fluent v18.1. All needed parameters for using calculation were taken from twenty four locations on the test tube. Figure 7 shows these locations in axial direction. Then, Nusselt number, friction factor, and heat transfer coefficient were calculated by given previous equations. The effect of the reverse curved cross sectional twisted tape on the heat transfer rate and pressure drop in around tube are demonstrated in Figure 8 and 9. As understanding from figures, Nusselt number increases with the increasing Reynolds number, and friction factor decreases with the increasing Reynolds number for all cases. Nusselt number was in the range of 23.29 to 107.29. It is higher than the plain tube in the region of 0 to 85%. As expected, the reverse curved cross sectional twisted tape causes a higher friction factor than the plain tube. The friction factor was increased as the decreasing twist ratio. The increasing of the twist ratio causes the increasing surface, resistance, and pressure drop. The friction factor was higher 123 to 238 % than the plain tube. Figure 10 shows the performance evaluation factors for all reverse curve twisted tapes. The thermal performance factor was higher at lower Reynolds number. Furthermore, PEC tends to increase with the increasing the curve ratio. The numerical results showed that the thermal performance factor varied between 0.75 and 1.22 for the three diameter curves with 3 or 4 twist ratios. PECs of R1TR3 and R1TR4 were higher than other reverse curved cross sectional twisted tapes. The maximum value of PEC was obtained for 1.22 at Reynolds number 5849 for R1TR3.



Figure 7. The reverse curved cross sectional twisted tape with data locations

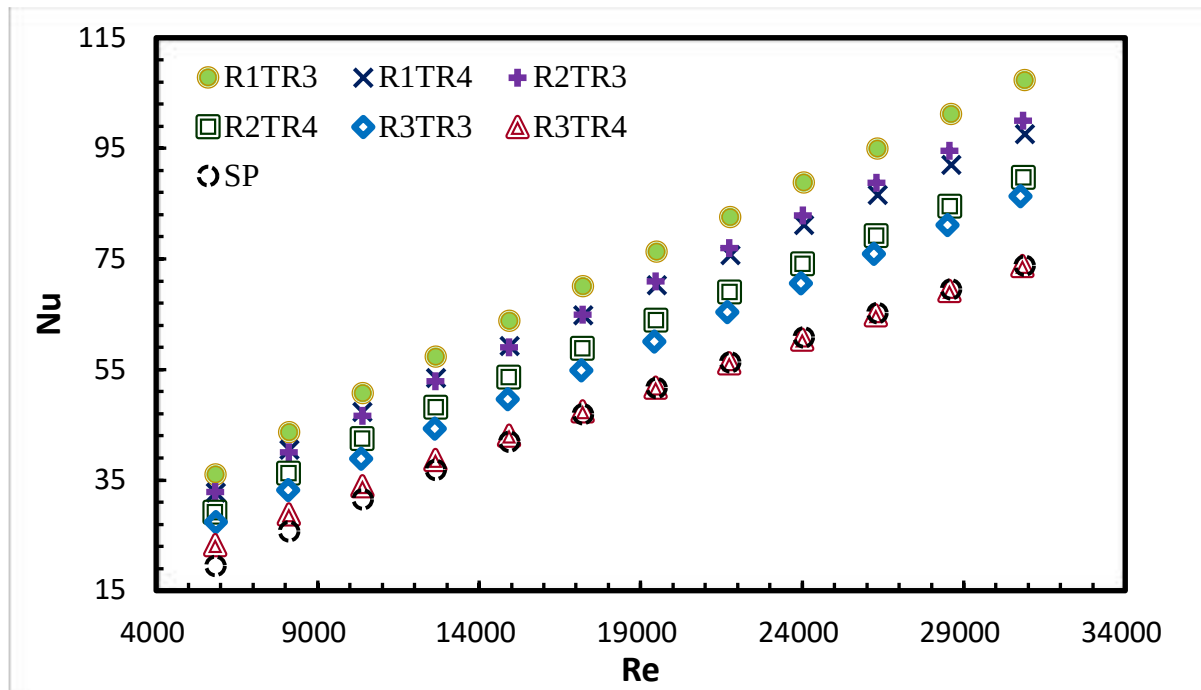


Figure 8. Nusselt number dependence on Reynolds number for the reverse curved cross sectional twisted tape

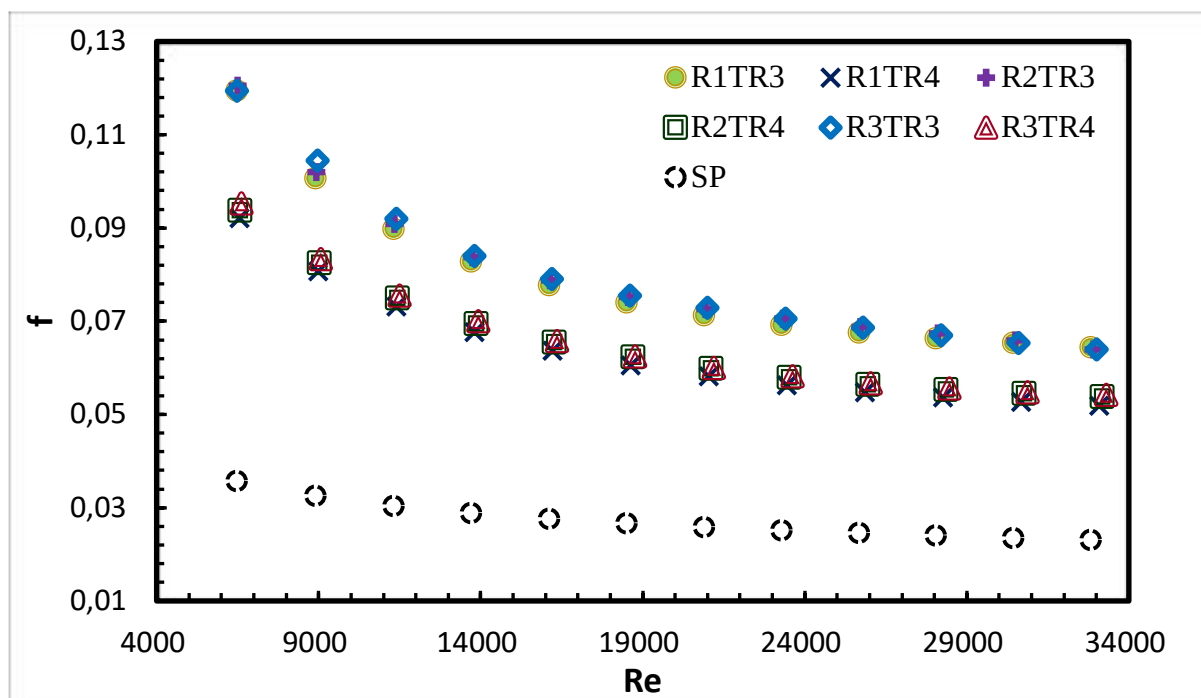


Figure 9. Friction factor dependence on Reynolds number for the reverse curved cross sectional twisted tape

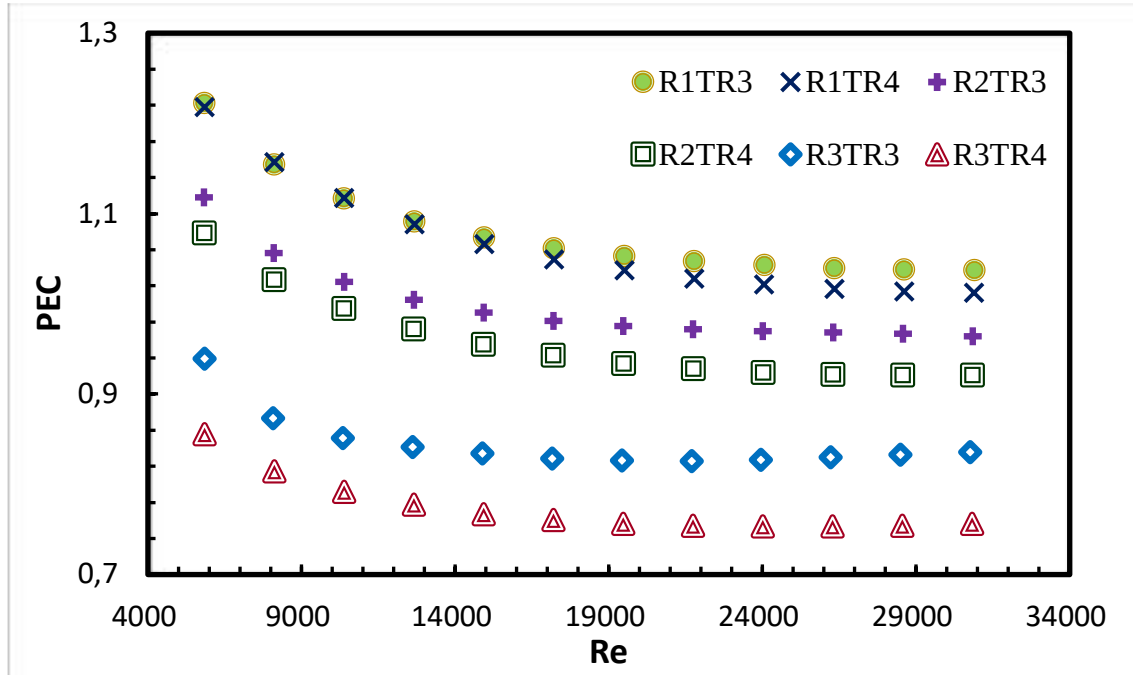


Figure 10. Performance evaluation criteria versus Reynolds number for the reverse curved cross sectional twisted tape

Consequently, the results of Nusselt number, friction factor, and PEC for the reverse curved cross sectional twisted tapes are correlated as given by equations 15 to 17, respectively.

$$Nu = 0.1017 * Re^{0.6884} * Pr^{0.4} * TR^{0.0003392} * \frac{D_c}{D_p}^{0.5089} \quad (15)$$

$$f = 2.921 * Re^{-0.3819} * TR^{-0.0001757} * \frac{D_c}{D_p}^{-0.05845} \quad (16)$$

$$PEC = 2.829 * Re^{-0.09043} * TR^{0.00009692} * \frac{D_c}{D_p}^{0.5546} \quad (17)$$

CONCLUSION

This study is investigated the effects of the reverse curved cross sectional twisted tapes on thermal and fluid fields in a circular pipe by using computational fluid dynamics.

The analyses made for six different geometries such as three reverse curved cross sectional twisted tapes with two different twist ratios. The diameter ratios of reverse curve and pipe for reverse curved twisted tape are 0.554, 0.647 and 0.872. Twisted tapes have two different twisted ratios (TR=3.0 and 4.0). Twelve different speeds were used in the analysis. The changes of the heat transfer, pressure drop, and performance of evaluation criteria were found out.

According to the analyses of reverse curved cross sectional twisted tapes, the following conclusions can be drawn:

Exactly like the other twisted tapes types, the Nusselt number increase with increasing Reynolds number. The highest Nusselt number was calculated the lowest twist ratio and the highest curve ratio for the R1TR3 case. The high Nusselt number refer to the

high heat transfer. The Nusselt number of reverse twisted tapes are higher than smooth pipe approximately 0 to 85 %.

Friction factor decreased with increasing Reynolds number. Maximum friction factor was calculated at the lowest Reynolds number. It has been observed that curve ratio is the less effective than twist ratio on friction factor. The friction factor of reverse curved cross sectional twisted tapes are higher than smooth pipe in the region of 124 to 238 %.

The PEC values of the cases having 0.872 curve ratio were determined to be over one for the study. At low Reynolds number, it is greater than one and at high Reynolds number it is less than one for the cases having median curve ratio of 0.647. For the lowest curve ratio of 0.554, it was calculated under one. The maximum value of PEC for the reverse curved cross sectional twisted tape was calculated around 1.22 at Reynolds number 5849 for R1TR3 and R1TR4.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financially supported by the Research Fund of the University of Gaziantep in terms of a research project coded as MF.YLT.17.12.

RECOMMENDATIONS

Although the study presents a computational framework on the analyses of the reverse curved cross sectional twisted tapes, there is several statuses where the present study can be improved to further extend The future content can be included;

The study Reynolds number region can be extended to the different flow regimes.

The analysis should be repeated for the tapes having the lower twist ratios.

The analyses can be extended to understand thermodynamic advantageous of the tapes by using thermodynamics laws.

The modified geometries of the tapes can be investigated to understand the effect of different cut on the tapes, alternate axis, multi tapes, etc.

Clearance effect between the tape and pipe wall can be investigated.

REFERENCES

- Chokphoemphun, S., Pimsarn, M., Thianpong, C., & Promvonge, P. (2015). Thermal performance of tubular heat exchanger with multiple twisted-tape inserts. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 23(5), 755-762.
- Dewan, A., Mahanta, P., Raju, K. S., & Kumar, P. S. (2004). Review of passive heat transfer augmentation techniques. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 218(7), 509-527.
- Eiamsa-Ard, S., Nivesrangsarn, P., Chokphoemphun, S., & Promvonge, P. (2010). Influence of combined non-uniform wire coil and twisted tape inserts on thermal performance characteristics. *International communications in heat and mass transfer*, 37(7), 850-856.

- Eiamsa-ard, S., & Seemawute, P. (2012). Decaying swirl flow in round tubes with short-length twisted tapes. *International communications in heat and mass transfer*, 39(5), 649-656.
- Eiamsa-Ard, S., Thianpong, C., Eiamsa-Ard, P., & Promvonge, P. (2009). Convective heat transfer in a circular tube with short-length twisted tape insert. *International communications in heat and mass transfer*, 36(4), 365-371.
- Eiamsa-Ard, S., Thianpong, C., Eiamsa-Ard, P., & Promvonge, P. (2010). Thermal characteristics in a heat exchanger tube fitted with dual twisted tape elements in tandem. *International communications in heat and mass transfer*, 37(1), 39-46.
- Eiamsa-Ard, S., Wongcharee, K., Eiamsa-Ard, P., & Thianpong, C. (2010). Thermohydraulic investigation of turbulent flow through a round tube equipped with twisted tapes consisting of centre wings and alternate-axes. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 34(8), 1151-1161.
- Eiamsa-Ard, S., Wongcharee, K., & Sripattanapipat, S. (2009). 3-D Numerical simulation of swirling flow and convective heat transfer in a circular tube induced by means of loose-fit twisted tapes. *International communications in heat and mass transfer*, 36(9), 947-955.
- Garg, M., Nautiyal, H., Khurana, S., & Shukla, M. (2016). Heat transfer augmentation using twisted tape inserts: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 193-225.
- Gnielinski, V. (1976). New equations for heat and mass transfer in turbulent pipe and channel flow. *Int. Chem. Eng.*, 16(2), 359-368.
- Guo, J., Fan, A., Zhang, X., & Liu, W. (2011). A numerical study on heat transfer and friction factor characteristics of laminar flow in a circular tube fitted with center-cleared twisted tape. *International Journal of Thermal Sciences*, 50(7), 1263-1270.
- Hasanpour, A., Farhadi, M., & Sedighi, K. (2014). A review study on twisted tape inserts on turbulent flow heat exchangers: The overall enhancement ratio criteria. *International communications in heat and mass transfer*, 55, 53-62.
- Kumar, A., & Prasad, B. (2000). Investigation of twisted tape inserted solar water heaters—heat transfer, friction factor and thermal performance results. *Renewable energy*, 19(3), 379-398.
- Liu, S., & Sakr, M. (2013). A comprehensive review on passive heat transfer enhancements in pipe exchangers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 64-81.
- Murugesan, P., Mayilsamy, K., & Suresh, S. (2010). Heat transfer and friction factor studies in a circular tube fitted with twisted tape consisting of wire-nails. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 18(6), 1038-1042.
- Noothong, W., Eiamsa-Ard, S., & Promvonge, P. (2006). *Effect of twisted-tape inserts on heat transfer in a tube*. Paper presented at the The 2nd joint international conference on “sustainable energy and environment (see 2006).
- Petukhov, B. (1970). Heat transfer and friction in turbulent pipe flow with variable physical properties *Advances in heat transfer* (Vol. 6, pp. 503-564): Elsevier.
- Piriyarungrod, N., Eiamsa-Ard, S., Thianpong, C., Pimsarn, M., & Nanan, K. (2015). Heat transfer enhancement by tapered twisted tape inserts. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 96, 62-71.
- Promvonge, P. (2008). Thermal augmentation in circular tube with twisted tape and wire coil turbulators. *Energy Conversion and Management*, 49(11), 2949-2955.
- Rahimi, M., Shabaniyan, S. R., & Alsairafi, A. A. (2009). Experimental and CFD studies on heat transfer and friction factor characteristics of a tube equipped with modified

twisted tape inserts. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 48(3), 762-770.

Saysroy, A., & Eiamsa-ard, S. (2017). Periodically fully-developed heat and fluid flow behaviors in a turbulent tube flow with square-cut twisted tape inserts. *Applied Thermal Engineering*, 112, 895-910.

Sheikholeslami, M., Gorji-Bandpy, M., & Ganji, D. D. (2015). Review of heat transfer enhancement methods: Focus on passive methods using swirl flow devices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 444-469.

Sivashanmugam, P., & Suresh, S. (2006). Experimental studies on heat transfer and friction factor characteristics of laminar flow through a circular tube fitted with helical screw-tape inserts. *Applied Thermal Engineering*, 26(16), 1990-1997.

Thianpong, C., Eiamsa-Ard, P., Wongcharee, K., & Eiamsa-Ard, S. (2009). Compound heat transfer enhancement of a dimpled tube with a twisted tape swirl generator. *International communications in heat and mass transfer*, 36(7), 698-704.

Wongcharee, K., & Eiamsa-Ard, S. (2011). Heat transfer enhancement by twisted tapes with alternate-axes and triangular, rectangular and trapezoidal wings. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 50(2), 211-219.

LINKAGE ANALYSIS FOR WATER-LAND RESOURCE IN MIDDLE REGION OF HEIHE RIVER BASIN: A NEXUS PERSPECTIVE

Delin Fang, and Bin Chen*

State Key Laboratory of Water Environment Simulation, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

ABSTRACT: The rapid development of urbanization makes the contradiction between the demand and supply of water and land resources increased gradually. Due to the intertwined relationship of water and land resources, great efforts are need to coordinate the water conservation and intensive use of land resources, in order to realize the efficiency and stability of economic development and agricultural production. In this study, Zhangye City in China under severe stress of water scarcity is chosen as typical case. First, this study investigates the coupling effects between water-land resources among different sectors in urban socio-economic network. Combing input-output table and linkage analysis, the urban water-land nexus network model is constructed to analyze the coupling effects among water and land by quantifying the direct and indirect interactions within and among sub-systems. It quantifies the coupling coefficient between water-land resources and evaluate the efficiency of water-land utilization. The linkage analysis is used to evaluate the spillover effects of water-land nexus driven by the production trade. In the production chain, the connection length of trade linkages between regions and sectors could be evaluated by average propagation length (APL) index in an input-output framework. The combination of the size of the linkages and the distance between sectors can visualize the production structure and water-land correlation between each sector and region along the production chains. It evaluates the strength of the water-land links between sectors go through the production chain with consideration of both direct linkages and indirect linkages. It quantifies the water-land nexus relations between sectors and identifies the key sectors and critical pathways of water-land nexus network. It illustrates that the fragmentation production structure shows a remarkable influence on both water and land resources, leading to heavy environmental stress on water or land scarcity region. The inequality between regions is not only reflected from economic benefit (added-value gains) aspect, but also shown by the utilization of natural resource. Furthermore, the food production chain, including agricultural sector, food processing sector, dairy sector and catering sector, shows remarkable integral water-land nexus strength.

Keywords: Urbanization, water and land resources, propagation length, linkage analysis.



OPTICAL PROPERTIES OF SPRAYED IRON OXIDE FILMS

Serap ÇELİK

Energy Systems Engineering, Gaziantep University
ssur@gantep.edu.tr

Metin BEDİR

Engineering of Physics Department, Gaziantep University
bedir@gantep.edu.tr

Sanaa Rafat YAASEN

Biochemistry Science and Technology, Gaziantep University
sanaa.rafat@yahoo.com

ABSTRACT: The growth and characterization of iron oxide thin films by spray pyrolysis method is reported. Iron oxide films deposited on well- cleaned glass substrate at different substrate temperatures varying from 250°C to 500°C in air atmosphere. The sprayed solution was prepared by $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.1 M) and distilled water. The characterization of iron oxides films was investigated for their optical and morphological properties by using UV-vis spectroscopy and Scanning Electron Microscopy. The optical transmission showed existence of direct optical band gap of energy 2.4 eV to 3.5 eV with varying substrate temperature. The optical band gap was decreased by increasing substrate temperature. Morphological observations were showed the film quality was getting better by increasing substrate temperature. The uniformity of films was improved by rising substrate temperature, also grain sizes were increased.

Key words: iron oxides, thin film, spray pyrolysis

THE EFFECTS OF DIFFERENT DRYING TECHNIQUES ON MOISTURE AND COLOR OF THE TRADITIONAL EGGPLANT

Ghaith Al-QUDSI
Gaziantep University
ghaith.alqudsai@yahoo.com

Mustafa BAYRAM
Gaziantep University
mbayram@gantep.edu.tr

Fatih BALCI
Gaziantep University
fbalci@gantep.edu.tr

*Corresponding author: fbalci@gantep.edu.tr

ABSTRACT: The rich culture of Gaziantep includes many traditional products and their local production techniques. One of them is dried (dolmalık) eggplant. Drying of eggplant is done with many techniques and different shape. However, the dried eggplant produced in Gaziantep, mainly the Oğuzeli district, differs from the others in its production method and shape. The most important difference in the production of this region is that it is dried in the sun after it has been separated the interior part and leave the outer shell in one piece. This study reviews the moisture changes after two different drying method. These methods are designed as an alternative to the present method, taking the traditional method as an example. The main source of energy for the drying is sunlight for the traditional method. The alternative methods use infrared and artificial sunlight simulation lamps as source. In this study, the effects of drying methods on color and moisture content of eggplant were investigated. The results showed that both drying methods decreased the moisture content of eggplant significantly ($P \leq 0.05$). The color values has affected significantly ($P \leq 0.05$) by the drying methods. As a conclusion, Infrared radiation drying was better than sunlight simulation method, but still it needs to be improved.

Key words: traditional, dried, eggplant, moisture, color



CALCULATION OF HEAT TRANSMISSION COEFFICIENT BY FUZZY ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Assoc.Prof.Dr. Necati OLGUN
Department of Mathematics
Gaziantep University
olgun@gantep.edu.tr

Medine ATMACA
Department of Mathematics
Gaziantep University
mdntmc12@gmail.com

ABSTRACT: Neuro-fuzzy is one of the most common used artificial intelligence techniques that has been come out hybrid application of Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic Systems. There are five main layers. These are fuzzification, analysis, function and defuzzification layers. There are many different approaches to learning in neural fuzzy networks. Sugeno is the most widely used type of learning that uses back-propagation algorithm among the models such as Mamdani, Sugeno and Garic. The correct calculation of heat transfer coefficient has an important role in Thermodynamic problems. There are a lot of factors in experimental and theoretical calculation of the coefficient. The main factors are; thickness of the material, cross sectional area, inner and outside temperatures and envionmental humidity. Besides experimental and theoritical errors. loss of time and cost in calculation of heat transfer coefficients are inevitable In this study, it is planned to use Neural Fuzzy approach as an alternative way in calculation of the heat conduction coefficient. The heat transfer coefficient values obtained with the new formula will be compared with the experimental heat transmission coefficient values and the correlation coefficient will be checked. This practical formula will be made available to researchers if the results are consistent with each other.

Key words: Heat transfer: Neuro Fuzzy, Environment humidity, Temperature

ISI İLETİM KATSAYISININ BULANIK YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE HESAPLANMASI

Doç.Dr. Necati OLGUN
Matematik Bölümü
Gaziantep Üniversitesi
olgun@gantep.edu.tr

Medine ATMACA
Matematik Bölümü
Gaziantep Üniversitesi
mdntmc12@gmail.com

ÖZET: Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık Sistemlerinin birlikte kullanılmasıyla ortaya çıkmış olan Sinirsel Bulanık Ağ (Neuro-fuzzy) yapay zeka teknikleri arasında oldukça yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu yöntemde 4 ana katman bulunmaktadır. Bulanıklaştırma, Analiz, Fonksiyon ve Berraklaştırma katmanlarıdır. Sinirsel bulanık ağlarda öğrenme ile ilgili çok farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Mamdani, Sugeno ve Garic gibi modeller arasında en yaygın kullanılanı geri yayılmalı öğrenmeyi kullanan Sugeno tipidir. Termodinamik problemlerinde ısı iletim katsayısının doğru hesap edilmesi çok önemlidir. Bu katsayının deneysel ve teorik hesabında birçok faktör etkili olmaktadır. Bu faktörlerin başlıcaları şunlardır; malzeme kalınlığı, kesit yüzey alanı, iç ve dış ortam sıcaklığı ve ortam nem koşullarıdır. Isı iletim katsayısının hesaplanmasında harcanan zaman ve maliyet kaybının yanı sıra deneysel ve teorik hataların ortaya çıkması da kaçınılmazdır. Bu çalışmada, ısı iletim katsayısının hesap edilmesinde alternatif bir yaklaşım olarak Sinirsel Bulanık Ağ Yaklaşımı kullanılması planlanmaktadır. Ortaya çıkacak yeni formülle elde edilen ısı iletim katsayısı değerleri deneysel ısı iletim katsayısı değerleri ile karşılaştırılacak ve korelasyon katsayısı kontrol edilecektir. Sonuçların birbiri ile uyumlu çıkması halinde bu pratik formül araştırmacıların kullanımına sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Isı iletim katsayısı, Sinirsel Bulanık Ağ, Ortam nemi, Sıcaklık.

GİRİŞ

Kinetik teorisine göre doğada bulunan bir maddeyi oluşturan moleküllerin ortalama kinetik enerjileriyle o maddenin sıcaklığı doğru orantılıdır. Bir bölgedeki moleküllerin ortalama kinetik enerjileri yüksekse ortam içerisinde bir bölgede sıcaklık yüksek demektir. Katılarda yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru maddenin ve moleküllerin yapısını oluşturan kafeslerin titreşimleri ile moleküller arası enerji iletimi olur. Moleküller arası enerji iletimi sıvılarda ise moleküllerin birbirini takip eden çarpışmaları ile olur. (Altun, Ö. & Böke, E., 2009). Isı iletim katsayısının doğru hesap edilmesi çok önemlidir. malzeme kalınlığı, kesit yüzey alanı, iç ve dış ortam sıcaklığı ve ortam nem koşulları bu katsayının deneysel ve teorik hesabındaki önemli faktörlerdendir. Isı iletim katsayısının hesaplanmasında harcanan zaman ve maliyet kaybının yanı sıra deneysel ve teorik hataların ortaya çıkması da kaçınılmazdır. Bu çalışmada, ısı iletim katsayısının hesap edilmesinde alternatif bir yaklaşım olarak Sinirsel Bulanık Ağ Yaklaşımı kullanılması planlanmaktadır. Ortaya çıkacak yeni

formülle elde edilen ısı iletim katsayısı değerleri deneysel ısı iletim katsayısı değerleri ile karşılaştırılacak ve korelasyon katsayısı kontrol edilecektir.

ISIL İLETKENLİK MODELLERİ

Bileşenlerin sadece hacim oranlarını ve ısıl iletkenliklerini kullanarak tahmin edilen bir çok ısıl iletkenlik modelleri vardır. Bazı ısıl iletkenlik modellerinde bileşenlerin hacim oranlarına ve ısıl iletkenliklerine ek olarak yeni parametreler kullanılmaktadır. Kullanılan bu parametreler, yapıdaki bileşenlerin boyut, düzen, şekil, temas faktörü gibi verilmektedir. Ayrıca modelin önerilen uygulama yeri ve aralığına da dikkat edilmelidir. Çünkü modellerden elde edilen sonuçlardan hangisinin daha doğru olduğunu tahmin etmek biraz zordur. (Singh, K.J., Singh, R., Chaudhary, D.R. 1998, Karaağaç, İ., Durmuş, G., Uluer, O., Aktaş, M., Tülü, F.A., 2016).

Russell Modeli

Eski model sistemlerinden biri elektrik analogisini kullanarak geliştirilen bu model matriks malzeme içinde dağılı olan aynı boyutlu izole küpler halindeki fazlar varsayımına dayanmaktadır.

$$k_e = k_s \left[\frac{(V_d^{2/3} + (k_s/k_d)(1 - V_d^{2/3}))}{V_d^{2/3} - V_d + (k_s/k_d)(1 - V_d^{2/3} + V_d)} \right] \quad (1) \quad (\text{Carson, J.K., Lovatt, S.J., Taner, D.J., Cleland, A.C., 2016}).$$

Seri ve Paralel Modeller

İletimle ısı transferi mekanizması dikkate alınarak oluşturulan seri ve paralel model iki bileşenli bir malzeme için en basit yaklaşımdır, yaygın ve kolay uygulanabilir. Ayrıca ısı akısı yönüne dik ve paralel düzenlenmiş iki bileşenli bir malzemede bulunmaktadır. Bu iki yaklaşım model, ağırlıklı aritmetik ortalama ve harmonik ortalama ile verilmektedir. (Bart, G.C.J., 1994).

$$k_{e(\text{seri})} = [(V_d/V_k) + (\varepsilon/k_s)]^{-1} \quad (2)$$

$$k_{e(\text{paralel})} = (V_d \cdot V_k) + (\varepsilon/k_s) \quad (3)$$

Geometrik Ortalama Model

Etken ısıl iletkenliği iki bileşenli gözenekli bir malzemede, bileşenlerin hacim oranları ile ısı iletkenliğine bağlı olarak ağırlıklı geometrik ortalaması ile verileceğine göre etken ısıl iletkenliği:

$$k_e = (k_s)^\varepsilon k_d^{(1-\varepsilon)} \quad (4)$$

Karışık fazların ısıl iletkenliği ideal olarak, bu fazların ağırlıklı geometrik ortalaması ile ifade edilmiştir. (Kohout, M., Collier, A.P., Štěpánek, F., 2004).

$$k_e = \prod_{k,sv,g} k_i^{v_i} \quad (5)$$

Burada k_e , efektif ısı iletkenliktir. k_i ve V_i fazların ısı iletkenlikleri ve hacim oranlarıdır.

Maxwell Modeli

Bu yaklaşıma göre birbiri ile temazsız olduğu kabul edilen bir kompozit yani karma yada gözenekli yapıda dağılı haldeki fazlar asla sürekli iletim yolları oluşturmaz. (Maxwell, J.C., 1954). (Beck, A.E., 1976).

Bu yaklaşımda ısı iletimi, sürekli faz yönünde maksimum eğilim içindedir. homojen ortamda gelişigüzel dağılı ve etkileşimsiz homojen kürelerin etken ısı iletkenliği için potansiyel teori kullanılarak, aşağıdaki bağıntı elde edilmiştir. (Singh, R., Kasana, H.S., 1841- 1849). (Tavman, I.H., 2004).

$$k_e = k_s \left[\frac{2k_s + k_d - 2(k_s - k_d) \cdot V_d}{2k_s + k_d + (k_s - k_d) \cdot V_d} \right] \quad (6)$$

Burada V_d dağılı fazın hacim oranıdır ve $(1-\epsilon)$ olarak ta ifade edilebilir.

Halpin-Tsai Modeli

Farklı bir çalışmada tekyönlü kısa lif kompozitlerin ısı iletimini tanımlamak için kullanılan bu model tek yönlü faza sahip olan kompozit bir tabaka için benzerlik gösterir. (Fu, S.Y., Mai, Y.,W., 2003). (Halpin, J.C.,1969).

$$k_e = \frac{1 + 2(L/d_d) \mu V_d}{1 - \mu V_d} k_s \quad (7)$$
$$\mu = \frac{k_d / k_s - 1}{(k_d / k_s) + (2L/d_d)} k_s$$

Nielsen Modeli

Bu yaklaşıma göre gözenekli bir malzemenin ısı iletkenliği, sürekli ortamın ısı iletkenliği ve dolgu fazının ısı iletkenliği (k_s ve k_d) ile ilişkilidir[10]. (Nielsen, L.E., 1974).

Bu yaklaşım,

$$k_e = k_s \left[\frac{(1 + wBV_d)}{(1 - CBV_d)} \right] \quad (8)$$

Burada B ve C parametreleri şu şekilde ele alınmıştır.

$$B = k_s \left[\frac{\left(\left(\frac{k_d}{k_s} \right) - 1 \right)}{\left(\left(\frac{k_d}{k_s} \right) + w \right)} \right] \quad (9)$$

$$C = 1 + \left[\frac{(1 - V_M)}{V_M^2} \right] \quad (10)$$

Dolgu fazının maksimum paketleme oranı V_M dir. w parametresi, boyutsal bir şekil faktörüdür ve dolgu parçacıklarının geometrisine bağlıdır. Genelleştirilmiş Einstein katsayısı ile ilişkili olarak ele alınan w değeri

($w = kE - 1$) bazı parçacıklar için 2 ve 0,5 olarak verilmektedir. (Nielsen, L.E., 1974). (Nielsen, L.E., J. Appl. Polym. Sci., 1973)

Levy Modeli

Dağılı Sürekli ve haldeki faz ayrımını belirgin hale getiren Maxwell-Eucken modeline dayanan bir modeldir [29]. (Levy, F.L., 1981).Levy modeli Rijit modeller arasında

verilen bir modeldir. (Carson, J. K., Lovatt, S.J., Tanner, D.J. ve Cleland, A.C., 2006). (Carson, J. K., 2006).

$$k_e = k_d \left[\frac{2k_s + k_d - 2(k_d - k_s).F}{2k_s + k_d + (k_d - k_s).F} \right] \quad (11)$$

şeklinde tanımlanır.

$$F = \frac{\left[\left(\frac{2}{G} \right) - 1 + 2V_d - \sqrt{\left(\left(\frac{2}{G} \right) - 1 + 2V_d \right)^2 - \left(\frac{8V_d}{g} \right)} \right]}{2} \quad (12)$$

$$G = \frac{(k_d - k_s)^2}{(k_d + k_s)^2 \left(k_d - k_s / 2 \right)} \quad (13)$$

şeklindedir.

Efektif Ortam Teori (EMT) Modeli

sürekli ya da dağılı faz şeklinde gelişigüzel dağıtılmış olan heterojen bir modeli göstermektedir. Bu teori ile rijit modeller ($k_e = k_e(k_i, V_i)$) arasındaki genel form ile aşağıdaki gibidir. (Carson, J.K., 2006).

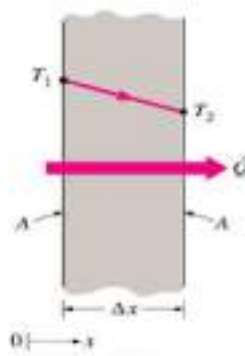
(Carson, J.K., Lovatt, S.J., Tanner, D.J. Cleland, A.C., 2005.) (Landauer, R., 1952.) (Kirkpatrick, S., 1973.)

ISI TRANSFERİ

İki ortam arasında sıcaklık farkı varsa, termodinamiğin 2. Yasasına göre ısı yüksek sıcaklıktaki ortamdan düşük sıcaklıktaki ortama geçer. Isınım geçişi ortam sıcaklıklarındaki farka bağlı olduğu kadar, ortam ve yüzeylerinin özelliklerine de bağlı olduğundan ısı transferi sistemi üç başlık altında incelenmelidir.

1. İletim

Bir cismin birbirinden farklı sıcaklıktaki bölgeleri arasında, birbiriyle temas halinde olan parçacıklardan yüksek enerji seviyesinde bulunan parçacıklardan, düşük enerji seviyesinde bulunan parçacıklara doğru geçen enerji katı, sıvı ve gaz ortamlarında gerçekleşebilir ve bu enerjiye iletimle (kondüksiyon) ısı geçişi denir.



Şekil 1. Geniş bir düzlem duvardaki ısı iletimi

Fourier Isı İletim Yasası

Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi iki boyutlu oldukça büyük düz bir levha örnek olarak alınsın. T_1 ve T_2 levha yüzey sıcaklıkları ($T_1 > T_2$) A levhanın yüzey alanı, olsun. Zamanla değişmeyen Sıcaklık geçişi T_1 (sıcak yüzeyinden T_2 (soğuk) yüzeyine doğru olacaktır. Deneylere göre ısı geçişi

$$q = A \frac{T_1 - T_2}{L}$$

şeklinde olacaktır. Yukarıda da görüldüğü gibi, katı bir cisimden ısı geçiş hızı levha kalınlığı L ile ters orantılı, $(T_1 - T_2)$ sıcaklık farkı ve A yüzeyi ile doğru orantılıdır. Orantı kat sayısı k olmak üzere yukarıdaki ifadenin içerisinde yerleştirilirse,

$$q = -kA \frac{(T_2 - T_1)}{L}$$

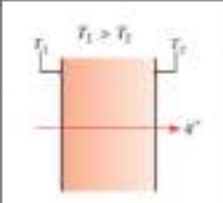
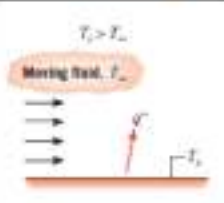
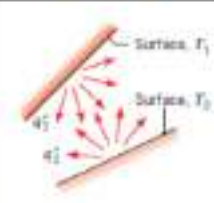
şeklindeki ifade elde edilir. ısı iletim katsayısı k olarak ifade edilir. Burada ısı iletim katsayısı malzemenin bir özelliğidir. ısı iletimi sıcaklığın azaldığı yönde olacağı Termodinamiğin 2.yasası gereği ifade edilmiştir. Bu nedenle ısı akısı ile sıcaklık farkı ters işaretlidir. yukarıdaki ifadenin önüne (-) işareti konulmasının sebebi Pozitif yönde ısı geçişi elde etmek içindir. Verilen ifade ısı iletim katsayısının bir tanımı olup, $k = -\frac{(q/A)L}{(T_2 - T_1)}$

şeklinde yazılabilir. ısı iletim katsayısı olan k'nın boyutu SI birim sisteminde W/mK veya W/m°C'dir.

2. Taşınım (konveksiyon) Katı yüzey ile akışkan yüzey arasında gerçekleşen ısı transferinin bir çeşididir. Konveksiyon yani Taşınım denir. Isının taşınım yolu ile yayılması katılarda olmaz, sadece hareket halindeki akışkan (sıvı ya da gazlarda) olur. (TURAN, O. 2018).

3. Işınım sonlu sıcaklığa sahip bir cisim tarafından elektromanyetik dalgalar şeklinde yayılan enerjiye ışıınım denir. İletim ve taşınımında ısı transferi için bir ortama ihtiyaç duyulurken ışıınım ile ısı transferi için bir ortam gerekliliği bulunmamakla beraber hatta, ışıınım ile ısı transferi boşlukta daha etkin olarak gerçekleşmektedir. Tüm maddeler ışıınımı farklı seviyelerde soğurur, yayar veya geçirirler. (TURAN, O. 2018).

Genel olarak ısı transferi mekanizmaları Şekil 2.'deki gibi belirtilebilir.

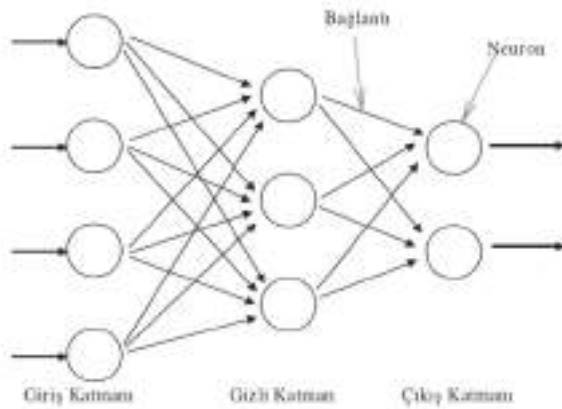
Isı Transfer Mekanizmaları		
İletim	Taşınım	İşinım
		
Bir katı veya durgun akışkan içerisinde, bir sıcaklık farkı olması durumunda, ısı transferi iletimi ile gerçekleşir.	Bir yüzey ile hareket halindeki bir akışkan farklı sıcaklıklarda ise, ısı transferi taşınım ile gerçekleşir.	Farklı sıcaklıklardaki iki yüzey arasında ısı transferi ışıma ile gerçekleşir.

Şekil 2. Isı Transferi Mekanizmaları (TURAN, O. 2018)

YAPAY SINIR AĞLARI

Yapay Sinir Ağları

Mantığın matematik yönlerini “Basit mantık önermeleri semboller ile gösterilirse, iki önerme arasındaki bağıntı bir cebir denklemi olur” şeklinde açıklayan İngiliz matematikçi George Boole 1847’de yayınladığı “Mathematical Analysis of Logic” adlı eserinde, mantığa cebir metotlarının uygulanabilirliğini göstermişti. Daha sonra otomat sibernetik ve yapay zekâ tekniği konusunda yoğun çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar içerisinde, yapay zekâ tekniklerinden biri olan insan beyninin simülasyonuna dayanan Yapay Sinir Ağları (YSA) geniş bir uygulama alanı bulmuştur (Civalek, Ö., Çatal, H.H., 2004).



Şekil 3. Yapay Sinir Ağları Modeli

Yapay Sinir Hücresi

Yapay sinir hücresi biyolojik sinir ağlarında olduğu gibi yapay sinir ağlarında da temel unsurdur. YSA’ nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük ve temel bilgi işleme birimi olan yapay sinir hücresi Ağ içinde yer alan tüm nöronlar bir veya birden fazla girdi alıp tek bir çıktı verirler. Bu çıktı başka nöronlara girdi olarak da kullanılabileceği gibi yapay sinir ağının dışına verilen çıktılar da olabilirler. Geliştirilen hücre modellerinde

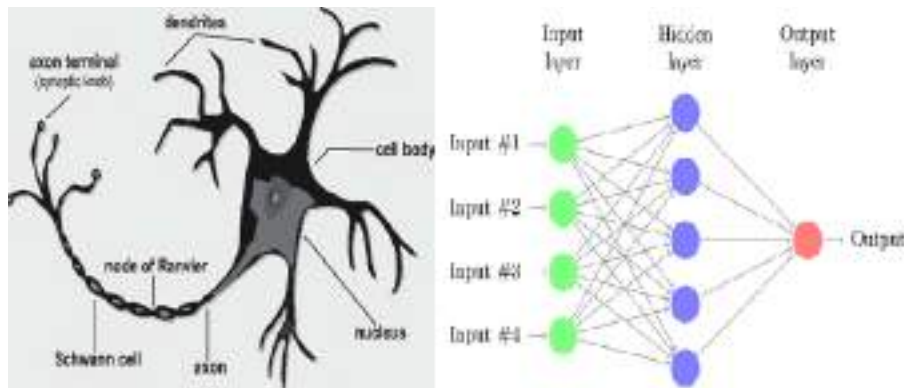
bazı farklılıklar olmakla beraber genel özellikleri ile bir yapay hücre modeli 5 bileşenden oluşmaktadır. Bunlar;Girdiler, Birleştirme Fonksiyonu, Aktivasyon Fonksiyonu,Ağırlıklar ve Çıktıdır. (SARAÇ T., 2004).

Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Yapay Sinir Ağları, genel olarak birbirleri ile bağlantılı olan işlemci birimlerden yani sinir hücresinden oluşurlar. Her bir işlemci birimi arasındaki bağlantıların yapısı ağıın yapısını belirlemektedir. Bağlantıların nasıl değiştirileceği öğrenme algoritması tarafından istenilen hedefe ulaşmak için belirlenir.Hatayı sıfıra indirecek şekilde, ağıın ağırlıkları kullanılan öğrenme algoritmasına göre değiştirilir.Mimari yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılan Yapay Sinir Ağları Öğrenme algoritmalarına göre, Danışmansız öğrenme, Danışmanlı öğrenme ve Takviyeli öğrenme, Mimari yapılarına göre ise Geri beslemeli, İleri beslemeli olarak sayılabilir. (SARAÇ T., 2004).

SİNİRSEL BULANIK SİSTEM(NEURO-FUZZY)

Yapay sinir ağları, Bulanık sinirsel ağlar ve bulanık sistemlerin birleşiminden sinirsel bulanık sistem oluşmaktadır. Bu sistem yapay zekâ tekniklerinden birisidir.Karar almada çok iyi sonuçlar veren bulanık mantık yaklaşımı, karar alma süreci içerisindeki kural oluşturmayı kendiliğinden gerçekleştiremez. Yapay sinir ağlarının öğrenme yeteneği, bulanık mantığın insan gibi karar verme ve uzman bilgisi sağlama kolaylığı gibi üstünlüklerinin birleştirilmesi düşüncesine dayanan Sinirsel bulanık mantık yaklaşımı, bu yolla, bulanık denetim sistemlerine, sinir ağlarını öğrenme ve hesaplama gücü verilebilir.Ayrıca sinir ağlarına da uzman bilgisi sağlama yeteneği ve karar verme yeteneği edindirilmektedir. Giriş ve çıkış eğitim çiftleri verilen bir statik fonksiyonu öğrenebilen Yapay sinir ağı verilen fonksiyona en uygun bakış biçimini sağlayabilmektedir. Bu Öğrenme işlemi, ağı içerisindeki ağırlıkların belirlenmesiyle gerçekleştirmektedir. AyrıcaYapay sinir ağı bulanık sistemin parametrelerini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bulanık sistem Öğrenme aşamasını geçtikten sonra yapay sinir ağına ihtiyaç duymadan çalışmaktadır. Sistem karar verme işleminde bulanık mantığı, eğitim yaparken de yapay sinir ağını kullanmaktadır.(Çoban, M.A., 2012).



Şekil 4. Biyolojik ve Nöral Hücre (Olgun, N., Karaoğlu, S.Y., 2012).

SONUÇ

Termodinamik problemlerinde ısı iletim katsayısının doğru hesap edilmesi çok önemlidir. Bu katsayının deneysel ve teorik hesabında birçok faktör etkili olmaktadır. Bu çalışmamızda Isıl İletim Katsayısı Bulanık Mantık İle Modellenmesi yaklaşık 50 deneysel veri ile yapılacaktır. Bunlardan 5 tanesi giriş verileri olmak üzere; malzeme kalınlığı (mm), kesit yüzey alanı (m²), iç ve dış ortam sıcaklığı ve ortam nem koşullarıdır. Isı iletim katsayısının hesaplanmasında harcanan zaman ve maliyet kaybının yanı sıra deneysel ve teorik hataların ortaya çıkması da kaçınılmazdır. Bu çalışmada, ısı iletim katsayısının hesap edilmesinde alternatif bir yaklaşım olarak Sinirsel Bulanık Ağ Yaklaşımı kullanılması planlanmaktadır. Ortaya çıkacak yeni formülle elde edilen ısı iletim katsayısı değerleri deneysel ısı iletim katsayısı değerleri ile karşılaştırılacak ve korelasyon katsayısı kontrol edilecektir. Sonuçların birbiri ile uyumlu çıkması halinde bu pratik formül araştırmacıların kullanımına sunulacaktır.

KAYNAKÇA

Altun, Ö. & Böke, E. (2009). Isıl Engelleyici Kaplamaların Etkin Isı İletim Katsayısının Teorik Olarak Belirlenmesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22 (2) 139-152.

Civalek, Ö., Çatal, H.H., (2004). Geriye Yayılma Yapay Sinir Ağı Kullanarak Elastik Kirişlerin Statik ve Dinamik Analizi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(1),1-16.

Bart, G.C.J., (1994). Thermal conduction in non homogeneous and phase change media, Doctoral Thesis, Delft University of Technology, The Netherlands

Beck, A.E., (1976). An improved method of computing the thermal conductivity of fluid-filled sedimentary rocks, Geophysics, 41, 133-144.

Carson, J.K., Lovatt, S. J., Taner, D.J., Cleland, A.C., (2003). An analysis of the influence of material structure on the effective thermal conductivity of theoretical porous materials using finite element simulations, International Journal of Refrigeration, 26, 873-880.

Carson, J.K., (2006). Review of effective thermal conductivity models for foods, International Journal of Refrigeration, 29, 958-967.

Civalek, Ö., Çatal, H.H., (2004). Geriye Yayılma Yapay Sinir Ağı Kullanarak Elastik Kirişlerin Statik ve Dinamik Analizi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(1),1-16.

Çoban, M.A., (2012). Konut Yapımında Kullanılan Farklı Duvar tipleri için Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farklarının(TESF) Bulanık Sinirsel Denetim Metoduyla Tahmini Olarak Elde Edilmesi, Gaziantep Üniversitesi Matematik Bölümü.

Fu, S.Y., Mai, Y.W., (2003). Thermal Conductivity of Misaligned Short-Fiber-Reinforced Polymer Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 88, 1497–1505.
Halpin, J.C., (1969). Stiffness and expansion estimates for oriented short fiber composites, *Journal of Composite Materials*, 3, 732–734.

Karaağaç, İ., Durmuş, G., Uluer, O., Aktaş, M., Tülü, F.A. (2016). Kompozit Isı Yalıtım Levhalarında Isı İletim Katsayısı Tespit Yaklaşımları, *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 3(1), 133-142.

Kohout, M., Collier, A.P., Štěpánek, F., (2004). Effective thermal conductivity of wet particle assemblies, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47, 5565–5574.

Levy, F.L., (1981). A modified Maxwell–Eucken equation for calculating the thermal conductivity of two-component solutions or mixtures, *International Journal of Refrigeration*, 4(4), 223–225.

Maxwell, J.C., (1954). *A Treatise on Electricity and Magnetism*, third ed, Dover Publications Inc, New York, A.B.D.

Nielsen, L.E., (1974). *Mechanical Properties of Polymers and Composites*, Vol. 2., Marcel Dekker, New York.

Nielsen, L.E., (1973) Thermal conductivity of particulate-filled polymers, *J. Appl. Polym. Sci.*, 17, 3819-3825.

OLGUN, N., KARAOĞLAN, S.Y. (2012). Application of Artificial Neural Network and Fuzzy Logic in Engineering Problems, MSc. Thesis. Department of Mathematics, University of Gaziantep.

SARAÇ T., (2004). Yapay Sinir Ağları Seminer Projesi, Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ana Bilim Dalı, Ankara.

Singh, K.J., Singh, R., Chaudhary, D.R. (1998). Heat conduction and a porosity correction term for spherical and cubic particles in a simple cubic packing, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 31, 1681– 1687.

Singh, R.ve Kasana, H.S., (2004). Computational aspects of effective thermal conductivity of highly porous metal foams, *Applied Thermal Engineering*, 24, 1841–1849,

Tavman, I.H., Effective Thermal Conductivity of Isotropic Polymer Composites, *Int. Comm.*



TURAN, O., (2018) Ders Notları, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü, http://w3.bilecik.edu.tr/makineveimalat/wp-content/uploads/sites/27/2017/02/B%C3%B6l%C3%BCm1_Giri%C5%9F.pdf.

SOIL POLLUTION: ESTIMATION OF THE CONTENT OF LEAD IN THE SOIL OF THE REGION OF THE TOWN OF SÉTIF

Sellami SEIFEDDINE

Laarbi tebessi, Tebessa university

Sellami.biologie@gmail.com

Zeghouan OUAHIDA

Biotechnology research center, Constantine, Algeria

Ouahida.zeghouan@gmail.com

ABSTRACT: Algeria is still using gasoline containing lead tetraethyl as an antiknock additive at a concentration of 1.53 g L⁻¹. This resulted in lead pollution. The city of Setif is a city that is suffering from this pollution. This pollution is much more pronounced inside the city is especially in the city center where road traffic is high. It is less important outside the city, especially in areas with no roads. The AFNOR standard, French Standard X 31-151 of 100 mg Kg⁻¹ is exceeded in three points of the city with a maximum of 218.0 mg Kg⁻¹ to 55. This point is located next to a fuel dispensing station NAFTAL. The other two points are located in the industrial zone, which is close to a road that is heavily used by vehicles.

Such an increase in lead concentrations in areas with heavy traffic has been observed in other cities. Indeed, despite the sharp increase in the use of unleaded fuels in European countries, the level of lead in urban soils remains high due to the non-biodegradability of metals.

Key words: Pollution, Soil, Pb.

INTRODUCTION

In Algeria, gasoline containing lead tetraethyl represents the majority of national consumption of gasoline.

Lead tetraethyl (PTE) is an organometallic compound of formula Pb (C₂H₅)₄. It has been widely used as an anti-knock additive for petrol engine fuels [1]. Lead tetraethyl contains a lead ion (IV) linked to four ethyl groups C₂H₅ with relatively weak Pb-C single bonds. It is an oily liquid at room temperature, with a characteristic odor, very soluble in hydrocarbons. It decomposes at a temperature below 200 °C [2].

ETP is added to gasoline for two reasons. It is used to lubricate the engine valves and especially for its anti-knock role, it prevents the air-fuel mixture from exploding too early. This characteristic is symbolized by the "octane number". With the evolution of gasoline engines, the demand for octane has increased. The higher the octane number, the better the acceleration capabilities. The addition of lead tetraethyl has become more and more indispensable,

Total fuel consumption in Algeria reached 14.68 million tonnes (Mt) in 2017 against 14.94 Mt in 2016, an annual decline of 1.7%. For normal gasoline consumption reached 1.18 Mt against 1.16 Mt (+ 1.8%). The consumption of super gasoline fell to 1.53 Mt in 2017 from 1.75 Mt in 2016 (-12.4%) [4].

Lead is a naturally occurring element in the environment, but beyond a certain level it becomes toxic.

Global awareness of the harmful effect of lead on both the environment and human health has led governments to undertake studies aimed at removing lead from these species, while maintaining a suitable grade of gasoline. Acute and chronic lead poisoning has been well documented in the workplace. But lead is also an environmental pollutant, especially in soils and the atmosphere in the vicinity of industrial sites (foundries, battery manufacturing and recycling plants ...) and in high-traffic areas, especially before entry into force of leaded petrol legislation. Dusts and paints from old and degraded habitats, but also drinking water and, to a lesser extent, food are persistent, often insidious, sources of exposure to lead populations.

The purpose of this study is to determine the concentration of lead (Pb) in the soil of Sétif. The town of Sétif covers an area of 127 km², including a large population, estimated at more than 410,000 inhabitants. It is located 300 kilometers from the capital Algiers. The samples were taken from an area of approximately 100 km² including the city and its surroundings. The lead content in the gasoline at the origin of the pollution of the town of Setif was quantified by X-ray fluorescence.

2. Materials and methods

2.1. Studied site

The city of Setif is located in eastern Algeria, in the highlands region, it is 300 km east of the capital Algiers, and rises to 1100 m altitude. It occupies a predominant position among the cities of the highlands. It is also a crossing point of great importance because it is crossed by the National Highway No. 5, and the East West Highway, as well as the National Highway No. 09 connecting Bejaia to Setif. The city of Setif covers an area estimated at 127.3 Km². The number of inhabitants of the town of Setif was 288,461 in 2008. It increased to 410,000 in 2015.

2.2. Sampling

The sampling points were systematically distributed in the town of Setif and its surroundings, based on a regular grid of 2x1 km. Thus, 50 grid cells were sampled (Figure 1). In the city center, where most soils were very anthropogenic, samples were collected from gardens, cemeteries and parks. Geographic coordinates were taken at each sampling point using a GPS. Samples were taken in February, March and April 2015 at a depth of 0 to 2 cm.

2.3. Chemical analysis

The soil samples were dried in the open air and sieved to 2 mm, according to the French standard NF X31-101 (French Agency for Standardization (AFNOR), 1996) and kept in closed plastic bags until the analysis. A 5 g sample of the soil was digested in a solution containing 5 ml of 65% nitric acid, 10 ml of 37% hydrochloric acid and 10 ml of water. The whole is kept in a sand bath set at a temperature of about 300 ° C until complete drying of the sample. 50 ml of water are then added to the sample. After stirring and filtration, the concentration of lead is determined by atomic absorption spectroscopy.

Determination of lead in soil

The concentration of Pb was determined in acid samples using a SCHIMADZU A A200 flame atomic absorption spectrophotometer. The detection limit of this device is 0.25ppm.

Estimation of lead content in gasoline

The analysis of lead in gasoline marketed in the town of Sétif was carried out by X-ray fluorescence using a 9-watt Panalytical Epsilon 3 spectrophotometer. This energy dispersive X-ray spectrophotometer is designed for elemental analysis. The system is controlled by a computer on which the OMNIAN analysis software is installed. The sample is placed under helium flow during the analysis. The X-ray fluorescence spectrum was recorded with a silver filter with a thickness of 100 μm with a ddp of 30.00 kV and a current of 300 μA .

3. Results and discussion

The X-ray fluorescence analysis of gasoline marketed in the town of Sétif shows that it contains 0.982 gram per liter of lead. This value corresponds to 1.53 grams of tetraethyl lead per liter of gasoline. It also contains with much lower contents the following elements: Al, Si, P, Cl, Ca, Mn, Ga, As and Br (Figure 2).

The results of the atomic absorption analysis of lead in our samples collected in the town of Setif are summarized in Table 1. The average lead concentration in the town of Setif is 45.3 mg Kg⁻¹. A minimum of 25.1 mg Kg⁻¹ was measured at 15 and a maximum of 218.0 mg Kg⁻¹ was measured 55.

discuss

Algeria is still using gasoline containing lead tetraethyl as an antiknock additive at a concentration of 1.53 g L⁻¹. This resulted in lead pollution. The city of Setif is a city that is suffering from this pollution. This pollution is much more pronounced inside the city is especially in the city center where road traffic is high. It is less important outside the city, especially in areas with no roads. The AFNOR standard, French Standard X 31-151 of 100 mg Kg⁻¹ is exceeded in three points of the city with a maximum of 218.0 mg Kg⁻¹ to 55. This point is located next to a fuel dispensing station NAFTAL. The other two points are located in the industrial zone, which is close to a road that is heavily used by vehicles.

Such an increase in lead concentrations in areas with heavy traffic has been observed in other cities. Indeed, despite the sharp increase in the use of unleaded fuels in European countries, the level of lead in urban soils remains high due to the non-biodegradability of metals (Sánchez-Martin et al., 2000, Imperato et al. al., 2003).

4. Conclusion

The spatial distribution of Pb concentrations has been explained by urban traffic. Lead concentrations showed spatial autocorrelation and high values were distributed over a large area. The sampling strategy of this study (regular grid with a mesh of 2x1 km) is adequate to describe such models. The sampling strategy can be a useful tool for providing land managers with spatial data over large areas from the perspective of land management.



STUDIES ON FLOWABILITY, COMPRESSIBILITY AND IN-VITRO RELEASE OF MIXED FRUIT POWDER TABLETS

Tounsia AKSIL*, Moussa ABBAS

Université M'hamed Bougara Boumerdes. Laboratory of Soft Technologies and Biodiversity (LTDVPMB/F S), 3500 Boumerdès Algeria.

*tounsiaiap@gmail.com

ABSTRACT: The present study aimed to elaborate matrix tablets from powder mixture (2:1 ratio) of Algerian date (*Phoenix dactylifera* L.) fruit and lyophilized berries (LB) (*Arbutus unedo* L.), using the direct compression technique. In a first part, the physicochemical properties, including the X-ray diffraction of individual powders and their mixture were determined. In the second step, the swelling, erosion and in vitro release rate characteristics of tablets were studied. Taking into account the nutritional and physiological potentials of the basic components of the analyzed powder, the obtained tablets may be successfully used as dietary supplement and/or as excipient in the pharmaceutical industry.

Keywords: Arbutus berries, date fruit, tablet, dissolution, swelling, erosion.

INVESTIGATION THE BEST FACTOR THAT EFFECT ON REDUCING COAGULANT DOSAGES IN WATER TREATMENT

Firdos Raheem
Wasit University / Civil Engineering Department
frdosrahem@gmail.com

Ass. Prof. Dr. Ali Jwied
Wasit University / Civil Engineering Department
alijwaid@uowasit.edu.iq

ABSTRACT: The present study was attended for the objective of simulation of some components (coagulation, flocculation and sedimentation) that was used competently in a conventional water treatment plant. Several experiments of Jar test adopted to test the simulated raw water by commixing bentonite clay with tap water and applied treatment with difference dosages of alum. The experimental data that collected were used to generate prediction models for the studied physical parameters (inlet turbidity for raw water, pH, temperature, slow mixing time, rapid mixing time, and coagulant dosage). The ANN (artificial neural network) was used to simulate and predict the appropriate alum dosage for treated the turbidity in raw water. The synthetic turbidity was adopted to formulate the turbidity water that was used in this study. The experimental study was consisted of two different inlet turbidity sets (50, and 100) NTU and four sequences of alum dosage varies form (10, 20, 30, and 40) mg/l for each turbidity set, each test was subject to three levels of pH environment (5, 7, and 9) and two range of temperature (15 and 25 °C) and two ranges of rapid mixing velocity (100 and 120 rpm). The accumulated data for the neural network was about 196 sets of data. In this study, the sigmoid activation function was used to represent the data that obtained from the experimental work, weights were calculated using Quick Propagation Algorithm (QP) and the connection between neurons of each layer to solve and transfer the experimental data and was Multilayer Normal Feed Forward (MNFF). The process model had six input nodes (inlet turbidity, alum dosage, pH, temperature and rapid mixing velocity) and two output nodes, which is the outlet turbidity and removal efficiency. The correlation coefficient of this model was 0.996 for outlet turbidity with RMSE 0.2506 while the correlation coefficient for turbidity removal was 0.991 with RMSE 0.82. The model results demonstrated a good behavior for the model in the prediction activity of these parameters within the limits of the study

Key words: Coagulation, Flocculation, Sedimentation, ANN (artificial neural network)

In this study, the sigmoid activation function was used to represent the data that obtained from the experimental work, weights were calculated using Quick Propagation Algorithm (QP) and the connection between neurons of each layer to



solve and transfer the experimental data and was Multilayer Normal Feed Forward (MNFF).

INVESTIGATION OF BIOACTIVE PEPTIDES THAT ARE RELEASED IN SILICO DIGESTION OF TARHANA PROTEINS

Doğanay YÜKSEL

Kahramanmaraş Sütçü İmam University Department of Food Engineering
dyuksel@ksu.edu.tr

Ahmet Levent İNANÇ*

Kahramanmaraş Sütçü İmam University Department of Food Engineering
linanc@ksu.edu.tr

ABSTRACT: Tarhana is a popular and widely consumed traditional Turkish fermented yoghurt and wheat mixture. Tarhana has an important role in the diet of infants, children and adults. The aim of this work was to utilize known in silico peptide databases and software including BIOPEP to assess the release of potentially bioactive peptide fragments from tarhana proteins such as α s₁ and α s₂ casein, glutenin, gliadin. These proteins were chosen as they are found mainly in yoghurt and wheat. These proteins were evaluated against enzymes (pepsin pH 1.3, trypsin, chymotrypsin C) that are found in gastrointestinal system using in silico analysis. According to this model dipeptides have emerged predominantly (153 di-peptides, 14 tri-peptides, 3 longer chains). In a total of 170 peptide fragments released from precursor proteins there are 68 peptide fragments which differ from each other. 39 peptide fragments have a single physiological function while 29 have multiple physiological functions. According to the output of the simulation 42 ACE inhibitor, 47 DPP IV inhibitor, 7 antioxidant, 1 antibacterial, 1 antithrombotic and 3 regulatory peptide fragments were released as a result of treatment of the precursor proteins with the selected enzymes. This work demonstrates that tarhana proteins are a suitable resource for the generation of bioactive peptides according to some of the up to date in silico tools and peptide databases.

Key words: Tarhana, peptides, bioactive, in silico

TEXTURAL PROPERTIES OF HONEY CHOCOLATE

Burcu KOŞAR, Gülten ŞEKEROĞLU and Ahmet KAYA

University of Gaziantep, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering,
27310 Gaziantep, Turkey.

E-mail: burcuukosar@gmail.com

ABSTRACT: Pine honey is produced by bees that collect honeydew and it is a sweet honey with dark amber color, woody notes and a resinous fragrance. Although it is a common breakfast dish in Turkey, it can be widely used in candies, baked goods, prepared fruits, cereals, and medicines. Honey sweetened chocolate has the same sheen and snap of chocolate made with sugar, it has also the nutritional benefits of honey. Textural properties of chocolate containing pine honey instead of sugar were determined in this study. Pine honey at three different amounts (10, 20 and 30 % (w/w)) was added to chocolate dough after conching process. Firstly the chocolate dough was heated to 50°C and pine honey was added and mixed with a homogenizer at that temperature for 15 minutes. Chocolate was transferred to polycarbonate molds and it was cooled to 25°C and held at that temperature for 2 hours to allow proper solidification before demolding. Then chocolate tablets were stored at 15°C for 7 days in a temperature and humidity controlled cabinet. Penetration and compression tests were applied for the investigation of textural properties of chocolates by using a texture analyzer. Hardness, adhesiveness and work of shear values were obtained. It was found that when the amount of pine honey was increased, hardness and work of shear values were decreased, but adhesiveness values were increased.

Key words: chocolate, honey, texture

PRODUCTION OF PRECIOUS POWDER METAL ALLOYS

Alaaddin GÜNDEŞ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Vocational School of Technical Sciences,
Jewelry and Jewelry Design Department, Kahramanmaraş, 46100, Turkey
alaaddingundes@ksu.edu.tr

Hakan ÖZGER

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Vocational School of Technical Sciences,
Jewelry and Jewelry Design Department, Kahramanmaraş, 46100, Turkey
hozger@ksu.edu.tr

Hakan YAYKAŞLI

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering,
Kahramanmaraş, 46100, Turkey
hakanyaykasli@ksu.edu.tr

Celal KURŞUN

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Department of Physics, Kahramanmaraş,
46100, Turkey
celalkursun@ksu.edu.tr

ABSTRACT: Production until today in the jewelry industry, now three-dimensional (3D) printers with the development of technology and reliable serial production in the transition began. In recent years, its contribution to mass production with 3D printer technology brings high value-added income. It is common to use 3D printers that produce plastic materials. Because the prices of plastic materials are appropriate. The use of 3D metal fusion printers limits because it is expensive to use the use of valuable powder metal material. In this study, value-added high-value AgCu (Silver-Copper) precious powder alloys used in 3D metal fusion were produced. AgCu (Silver-Copper) precious powder alloy is produced by using gas atomization and mechanical alloying technique. X-Ray Diffraction (XRD), Differential Thermal Analysis (DTA) and Scanning Electron Microscopy-Energy Distributed X-ray Spectroscopy (SEM-EDX) were analyzed for structural, thermal and morphological properties of AgCu (Silver-Copper) powder alloys, respectively. In the XRD phase characterization, the most severe 38,44,64 and 77° peaks were detected in the cubic structure of $Ag_{3.94}Cu_{0.02}$ [1]. The crystal structure contains Cu_2O copper oxide. Produced by powder alloy of silver and copper particles be spherical in nature and 30min, 1 hour and 2 hours seen in the milling of alloys SEM results respectively AgCu structure is formed. The particle size of the silver particles is 50 micrometers and copper is 50 to 100 micrometers. Mechanical alloying After 2 hours, the particle size of the newly formed alloys was found to be between 30 and 40 micrometers. Alloy composition was determined by EDX with $Ag_{95}Cu_5$. As a result of the DTA analysis, an endothermic peak was determined and it was observed that the melting point of silver was at 961 °C. It is observed that the alloy has a phase structure up to 961 °C.

Key words: Adjustable AgCu Powder Alloy, 3B Metal Printer, XRD, SEM, DTA



Reference

Novgorodova, M. I., Gorshkov, A. I., Mokhov, A. V., *International Geology Review*, **23**, 485 - 494, (1981)

EVALUATION OF VALUABLE ORES IN WASTE CIRCUIT (PCB) CARDS OF MOBILE PHONES

Alaaddin GÜNDEŞ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Vocational School of Technical Sciences,
Jewelry and Jewelry Design Department, Kahramanmaraş, 46100, Turkey
alaaddingundes@ksu.edu.tr

Ali DEĞİRMENÇİ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering,
Kahramanmaraş, 46100, Turkey
a.dgrmnci0091@gmail.com

Hakan YAYKAŞLI

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering,
Kahramanmaraş, 46100, Turkey
hakanyaykasli@ksu.edu.tr

Ferudun KOÇER

Research and Development Center for University-Industry and Public Relations
(USKIM), 46100 Kahramanmaraş, Turkey
fkocer@ksu.edu.tr

ABSTRACT: In this study, it is aimed to obtain precious metals from waste circuit boards (PCB). As a result of the technological innovations that have been developing with the increasing world population, rapidly increasing raw material consumption and consequently waste products are formed in many areas. Bu atık ürünlerin değerlendirilerek geri kazanımları önem arz etmektedir. In this context, precious metals were obtained by acid hydrolysis methods by using telephone boards in the waste state. The amount of liquid forms obtained by ICP-OES was determined. Gold, platinum and palladium-precious metals have been obtained in waste circuit boards (PCB). Approximately 1.2 grams of Au was obtained on the touchscreen telephone boards and 0.8 grams of Au were obtained on non-key phones. The values of other metals (know-how) were determined in liters in liquid phase. Recycling by using waste circuit boards is expected to provide economic contributions to our country.

Key words: Waste Cell Phones, Waste Print Circuit Board (PCB), Precious Ore Metals

EVALUATION OF PRECIOUS ORE FROM WASTE CERAMIC CPU PROCESSORS

Alaaddin GÜNDEŞ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Vocational School of Technical Sciences,
Jewelery and Jewelry Design Department, Kahramanmaraş, 46100, Turkey
alaaddingundes@ksu.edu.tr

Ali DEĞİRMENÇİ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering,
Kahramanmaraş, 46100, Turkey
a.dgrmnci0091@gmail.com

Hakan YAYKAŞLI

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Materials Science and Engineering,
Kahramanmaraş, 46100, Turkey
hakanyaykasli@ksu.edu.tr

Ferudun KOÇER

Research and Development Center for University-Industry and Public Relations
(USKIM), 46100 Kahramanmaraş, Turkey
fkocer@ksu.edu.tr

ABSTRACT: Increasing developing technological innovations with world population is composed of waste products results in many areas. These waste products are evaluated is important recoveries. In this study, it is aimed to obtain precious metals from ceramic CPU products. In this context, precious metals were obtained by acid hydrolysis methods by using the ceramic CPU in waste state. In the study, quantification of the liquid forms obtained by the King's water with ICP-OES was performed. Gold, platinum and palladium precious metals have been obtained from ceramic CPU products. In the ceramic CPUs, 2,8-3,5 grams of Au were obtained. The values of other metals (know-how) were determined in liters in liquid phase. Recycling the waste ceramic CPU will make a significant contribution to the national economy.

Key words: Ceramic CPU, Precious metals, precious metal recycling

ISOLATION AND MORPHOLOGICAL DETERMINATION OF THE AMF SPORES IN THE RHIZOSPHERE OF PUCCINELLIA DISTANS (L.) PARL (SALT LAKE) IN KONYA

Emel ATMACA

Selcuk University Agriculture Faculty, Soil Science and Plant Nutrition Department
Campus/Konya/TURKEY
ekaraarslan@selcuk.edu.tr

Ummahan ÇETİN KARACA

Selcuk University Agriculture Faculty, Soil Science and Plant Nutrition Department
Campus/Konya/TURKEY
ucetin@selcuk.edu.tr

Erdoğan Eşref HAKKI

Selcuk University Agriculture Faculty, Soil Science and Plant Nutrition Department
Campus/Konya/TURKEY
eehakki@selcuk.edu.tr

ABSTRACT: The diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) spores in the rhizosphere of the *Puccinellia distans* (L.) Parl. was studied in five sampling points around of Salt Lake in Konya. Rhizosphere zone soil's spores of *P. distans* recovered by wet sieving and counting from a related method. The genus *Glomus* (syn. *Funneliformis*) is the most abundant at distribution. Two spore species *Glomus intraradices* (syn. *Rhizopaghus intraradices*) and *Glomus etunicatum* (syn. *Claroideoglomus etunicatum*) were determined from rhizosphere soil's belong to *P. distans*. The species *Rhizopaghus intraradices* percentage of 60% and the other species *Claroideoglomus etunicatum* percentage of 40%. All the encountered species were morphologically determinate basing on shape, color, average size of the spore and its wall, spore surface and size of the hyphae. Spore counts range were between 39.33 and 993.33 spores 10 g⁻¹ soil and root colonization percentage ranged from %26.67-60.00. It was observed that particularly both the highest mycorrhizal inoculum potential and the highest mycorrhizal infection rate were obtained from *Rhizopaghus intraradices* infected of *P. distans* (L.) Parl. (993.33 spores 10 g⁻¹ soil and 60.00% respectively).

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi, morphological identification, spores, *P. distans*.

INTRODUCTION

Mycorrhizal symbiosis is an association between fungi and plant roots. In this association the fungi provide a fundamental link between soil and plant roots which could increase transport and nutrient uptake in plants through the extension of fungal hyphae in soil.

Mycorrhizal symbiosis is found average on 80-90% of land plants in different soil conditions (Smith and Read, 1997). Absence of mycorrhizal fungi was reported in halophytes species (Hirrel et al., 1978). Halophytes can be considered as plants well adapted to saline environments such as salt marshes and inland salines. Plants can be colonized by parasitic and saprotrophic fungi inhabiting plant organs above the soil, as well as by internal fungi living inside the same organs and by mycorrhizal fungi inhabiting roots (Chlebicki, 2002). There are many reported investigations of mycorrhiza of halophytes (e.g., Aliasgharzdeh et al. 2001). Johnson-Green et al. (2001) investigated the influence of salt on mycorrhizal colonization of *Puccinellia*.

Puccinellia distans subsp. *distans* is a facultative halophyte which colonizes anthropogenic habitats in different salt marsh, such as secondary salinated soils along roads and railroads, waste ground and salinated areas (Mirek and Trzcinska-Tacik 1981; Dettmar 1993; Jackowiak 1996; Lembicz 1998). *Puccinellia distans* (alkali grass), a halophytic grass naturally inhabits saline soils in Middle East, Asia, Europe, America and Australia (Clayton et al. 2013). This species in Iran occurs in many parts of the country, particularly in the northwest, north and central parts (Akhani 2006). In Northwest Iran, *P. distans* is found in natural vegetation around Lake Urmia with a soil salinity of about 7-92 dS m⁻¹. Halophytes in the genus *Puccinellia* (Poaceae) are able to tolerate high salinity levels due to a thickened root endodermis that limits Na⁺ entry (Stelzer and Lauchli 1978; Peng et al. 2004) as well as Na⁺ sequestration in the leaf vacuoles (Shabala and Mackay 2011).

Different levels of AMF colonization in halophytes have been reported in many field studies in different locations, seasons and soil salinity levels, but AMF colonization in halophytes along a salinity gradient has received less attention. The objectives of this study were to evaluate AMF some parameters of *Puccinellia distans* (L.) Parl., For this reason this study concerning mycorrhizal potential, infection rate in root and identification of AMF spore on a common halophyte plant, *P. distans*, in Salt Lake is made.

MATERIALS AND METHODS

Detailed information about materials and methods is given in a previous work (Atmaca et al. 2018)

Site description

The study was carried out in a Salt Lake in Konya in Turkey. Salt Lake (Turkish: Tuz Gölü meaning Salt Lake) is the second largest lake in Turkey. Salt Lake is located in north-east of Konya province, northwest of Aksaray province and south-east of

Ankara province. In the immediate vicinity, there are Kulu, Cihanbeyli, Şereflikoçhisar and Mezgit, Yeniceoba and Hanobası towns. Having an area of 1665 km². Salt Lake, with an average depth of 0.7 m, has a total salt capacity of 750.000-1.250.000 tones, which meets 50% of the salt needs in Turkey. It has been estimated that 200.000.000 tons of salt can be formed each year (Bircan, 1997). Two locations were selected around of Salt Lake. But 5 samples (plant and soil) in this paper were collected from Location II (17 August 2016).

Location I: It is the area located on the edge of Eski-Tuz Lake, which is an area with marsh and reeds in its part up to the Salt Lake on the 10th km of Ulukışla Village road, with altitude of 911 m and coordinates of 38° 24 '41 "N, 33° 22' 14" E (The results of Location I were given in a previous work (Atmaca et al., 2018).

Location II is the spot 500 meters from the Tuz Lake Natural Gas Pipeline with 930 m height and 30° 25 '04 "N, 33° 30' 34" E coordinates and 5 samples were taken from here (Hamurcu et al 2011).

The map showing where the samples have been taken is given in Figure 1. The map has been drawn on the 1: 150.000 scale digital map of the areas of 13 different habitat types determined in the Salt Lake Area based on the European Nature Information System Habitat Classification (EUNIS) within the scope of the project "Detection of Salt Lake Biological Variety" in Special Environmental Protection Agency Presidency conducted between 2005-2007. The coordinates of our sampling areas have been modified by entering the map mentioned above so that the map serves our work (Anonymous, 2007).

Points (LOCATION_I and LOCATION_II) where our map coordinates are specified in pink color; equivalent this color is in the EUNIS Habitat Codes is, (E6.2) "Salt-tolerant steppe areas with salt tolerant plants (Anonymous, 2007). Descriptions of EUNIS habitat codes of areas outside our sampling area on the map (Figure 1) are as shown in Figure 2.

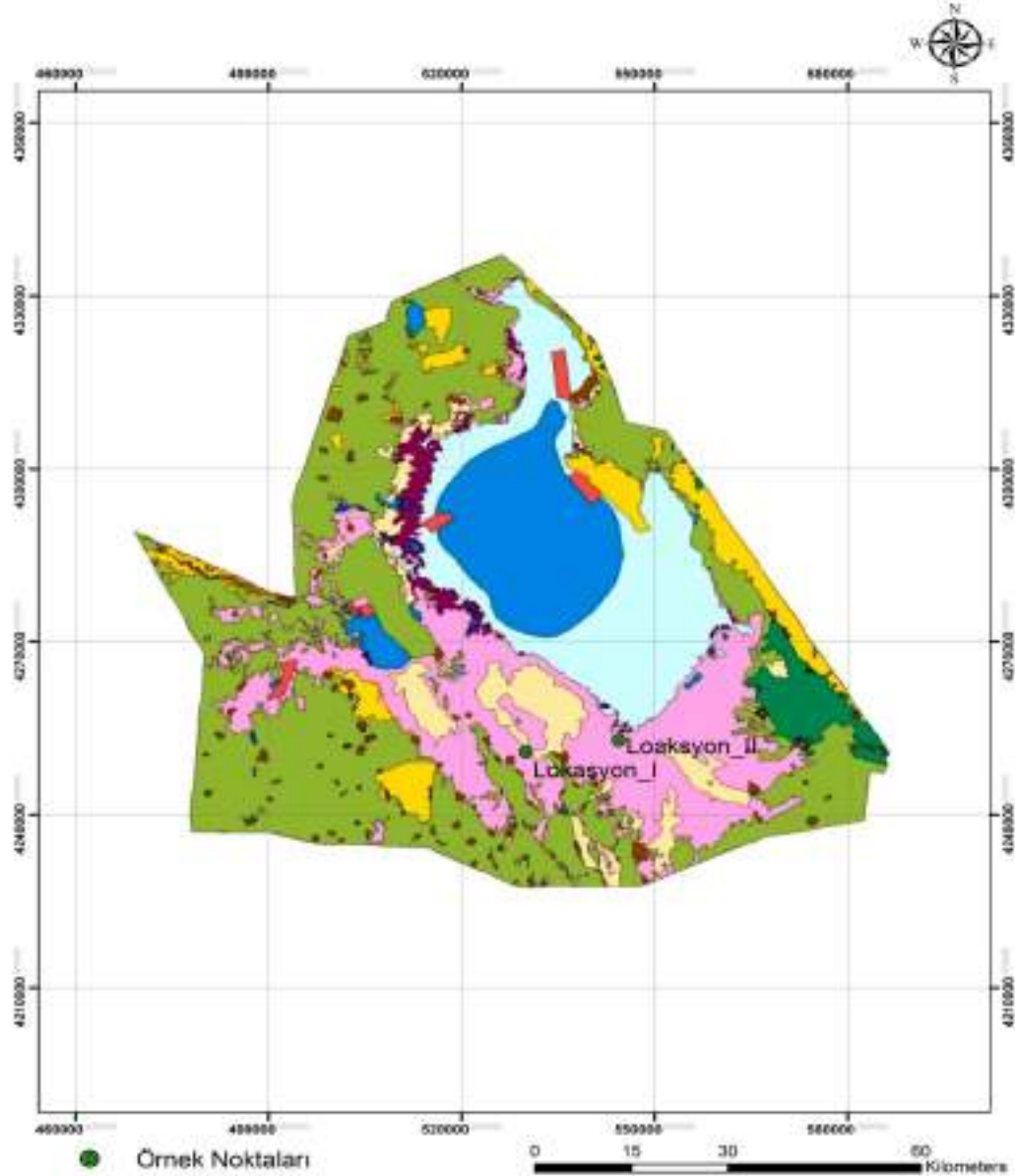


Figure 1.The locations of the sampled (Location I and Location II) (Map used for determination of biological variation of Salt Lake (Anonymous, 2007)

EUNIS HABITAT CODES

- C1.1 Permanent Oligotrophic Lakes
- C1.5 Permanent Salt and Bitter Lakes
- C1.5 Dry Lake
- C1.6 Temporary Salt and Bitter Lakes
- D6.1 Salted Step Swamps with Salt Tolerant Plants
- E1.2 Meadows and Steeps with Lime Soil Having Many Perennial
- E2.6 Steep Habitats Opened to Agriculture
- E6.2 Salted Step Habitats with Salt Tolerant Plants
- I1.3 Agriculture Areas
- I2.2 Small Sized Gardens Belonging to Houses
- J2 Low-Density Structuring
- J5 Artificial Water Areas and Structures Related to Them
- X29 Salt Lake Islands

Figure 2.EUNIS codes corresponding to colors in the map(Anonymous, 2007)

Plant and soil sampling

Puccinellia distans (Jacq.) Parl. is a common grass species found throughout the world. It can grow in arid and saline environments as well as under toxic boron concentrations. *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., more commonly known as weeping “alkali grass”, is a perennial grass species originating from Eurasia (Hitchcock, 1971; Tarasoff et al., 2007). *P. distans* is a grass species belonging to Poaideae, a subfamily of the Poaceae family. Poaideae is the grass sub-family with the greatest diversity in climate demand and distribution.

It covers about 1/4 of all grass with about 150 species. *Puccinellia* is an average sized member of the Poaideae subfamily, with more than 100 known species. *Puccinellia* species has spread in saline areas, both in coastal and inland areas (Choo et al., 1994). Soil samples were taken from soil layers at 0 to 30 cm below the surface using a spade to collect about 1 kg of soil. The number of soil samples was based on the number of *P. distans*.

The samples were placed in a plastic bag and stored in a refrigerator on the day of collection; they were immediately refrigerated at 4°C when they arrived in the laboratory. Root fragments in these samples were examined for AMF colonization (Phillips and Hayman, 1970). The soil samples were then air-dried in the shade at laboratory temperature for spore counting and identification.

2.3. Physical and chemical properties of the studied site soils

The soil samples taken from 0 to 30 cm depth were air dried and passed through a 2 mm sieve before laboratory analysis. The analysis was conducted to determine soil characteristics such as electrical conductivity (EC), pH, CaCO₃, organic matter and texture. The electrical conductivity (EC) and pH were determined by using an electric and pH meter, respectively (Richards, 1954). The CaCO₃ percentage was determined according to Hizalan and Ünal (1965); organic matter was determined according to Jackson (1973) and texture according to Bouyoucos (1995) using the hydrometer method.

2.4. Assessment of AMF spores infection rate in root and spore isolation and morphological identification

AMF spores were isolated from *P. distans* plants in their surrounding of rhizosphere soils at two locations in seven plants. The root fragments in these samples were cleaned carefully with deionized water and stained using the method described by Phillips and Hayman (1970) and the percentage colonization was calculated using the gridline intersect method (Giovannetti and Mosse 1980).

The spores were extracted from air-dried soil by wet-sieving and decanting method developed by Gerdeman and Nicolson (1963) and INVAM (2004) and followed by sucrose centrifugation process (Sieverding 1991). After centrifugation, the supernatant was poured through a 38µm mesh and quickly rinsed with tap water. Turgid spores (suggesting viability) were counted under a stereomicroscope (Olympus SZ 60 trinocular microscope) using up to 90-fold magnification.

For spore observation and identification, the spores were mounted on glass slides in polyvinyl-lacto-glycerol (PVLG) (Koske and Tessier, 1983) or PVLG+Melzer's reagent (Brundrett et al., 1994) for permanent slides. The spores were then examined using a compound microscope (Euromex-Novex B-Series) at up to 100-400X magnification, and then identified to species using current taxonomic manuals Schenck and Perez (1990) and Brundrett et al. (1996). And the internet information from the INVAM (2004) website (http://invam.caf.wvu.edu/Myc_Info/Taxonomy/species.htm) and the other webpages like (<http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/>, <http://www.lrzmuennen.de/~schuessler/amphylo/>, <http://www.kent.ac.uk/bio/beg/>, <http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/> and the description of the newly reported AMF species (Morton, 1996; Blaszkowski, 2003; Blaszkowski et al., 2006, 2008, 2009a, 2009b).

3. RESULTS

3.1. Soil analysis

Some physical and chemical properties of the soil samples taken in three replicates from the rhizosphere soils of Location I and 5 plants sampled around the Salt Lake are given in Table 1.

Regarding the soil characteristics of the survey area: pH varied between 7.70 and 8.00 (medium alkaline) (Richards, 1954), electrical conductivity between 400.5-707.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (medium salinity and high salinity) (Richards, 1954), organic matter content between 5.16-9.23% (very high) (Ülgen and Yurtsever, 1974) percentage of CaCO_3 between 41.18-51.08% (very high) (Ülgen and Yurtsever, 1974) and texture classes were Loam and Sandy (Table 1)

Table 1. Results of some chemical analyses and textures belonging to the soils of *P. distans* sampled around Salt Lake.

Soil Number	pH (1:2,5)	EC $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1:5)	Org. Mat. %	CaCO_3 %	Texture
1	7.98	400.5	5.16	51.08	Sandy
2	8.00	513.5	5.35	47.92	Sandy
3	7.78	597.5	9.14	42.77	Loam
4	7.83	617.5	8.56	43.16	Loam
5	7.70	707.5	9.23	41.18	Loam

3.2. Root colonization by AMF

All surveyed samples were colonized by AMF and formed typical arbuscular mycorrhizal structures. Intra- and intercellular hyphae, vesicles and arbuscules were abundant in the root tissues (Fig. 3a, 3b, 3c).

The AMF statuses of the seven *P. distans* plants are shown in Table 2. All of the plant species in the surveyed area were colonized by AMF. The colonization percentage ranged from 26.67 to 60.00% (low "1-19%" and high "20-39%" (Zangaro et al. 2002).

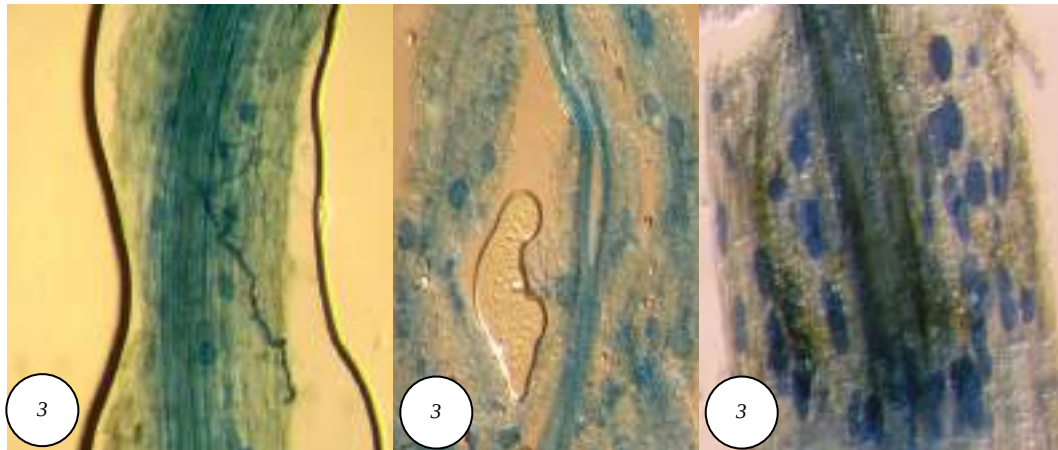


Figure 3a., 3b., 3c.: Vesicles and intraradical hyphae in roots of *P. distans*.

3.3. AMF spore densities in rhizosphere soils

The AMF spore densities differed among the sample point. The total amounts of AMF spores were obtained from the rhizosphere region of the sampled plants. Large spore populations were observed in most soil samples. The spore density in the rhizosphere zone under the *P. distans* plants ranged from 39.33-993.33 per 10 g soil with an average of 310.93 item/10 g soil (Fig. 4) (Table 2.).

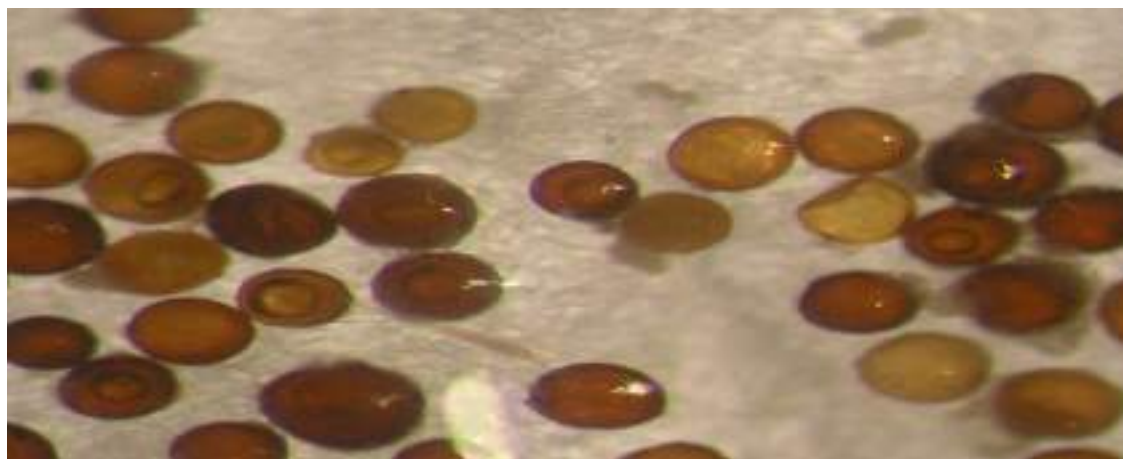


Figure 4. Arbuscular mycorrhizal spores in soil-water suspension belong to *P. distans* rhizosphere's soil.

Table 2. AMF infection status of *P. distans* and spore densities of AMF in rhizospherical soil.

Sample No	AMF species	Spore number item/10 g soil	Mycorrhizal infection rate (%)
1	Rhizopaghus intraradices	295.33	60.00
2	Rhizopaghus intraradices	993.33	43.33
3	Claroideoglomus etunicatum	44.00	46.67
4	Rhizopaghus intraradices	182.67	56.67
5	Claroideoglomus etunicatum	39.33	26.67
Average		310.93	46.67

3.4. Morphological identification of AMF spore

Spores were isolated from the rhizospheric soil of the *P. distans* and then examined for some properties determined by INVAM (2004) and other web sites (Table 3.) (Fig. 5a, 5b, 5c, 6a, 6b).

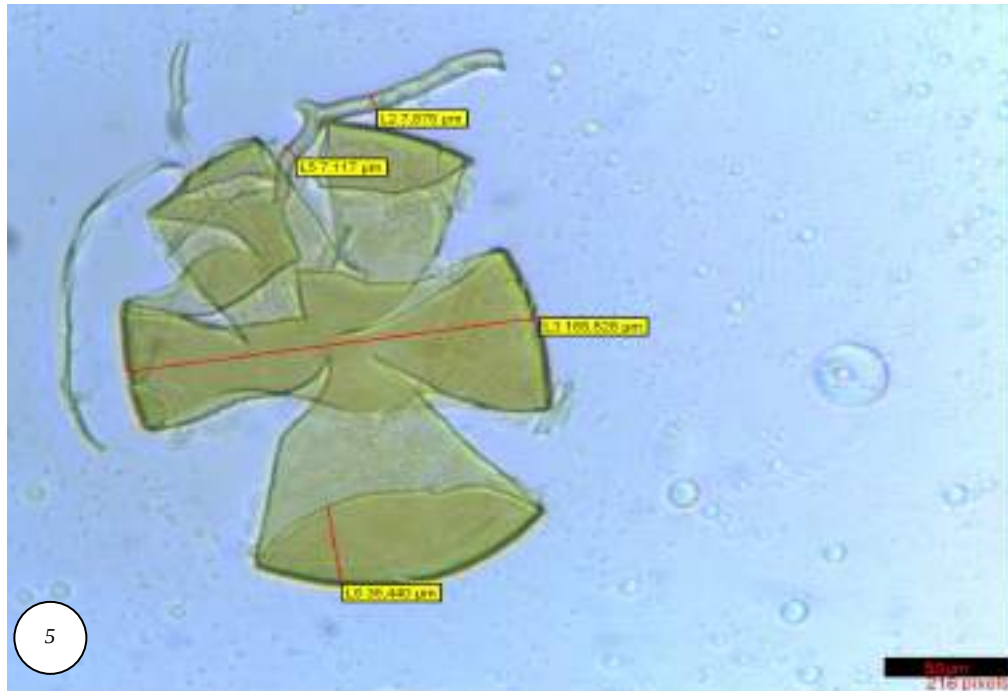


Figure 5a. Rhizopaghus intraradices X200 in PVLG.



Figure 5b. Rhizopaghus intraradices X400 in Melzer.

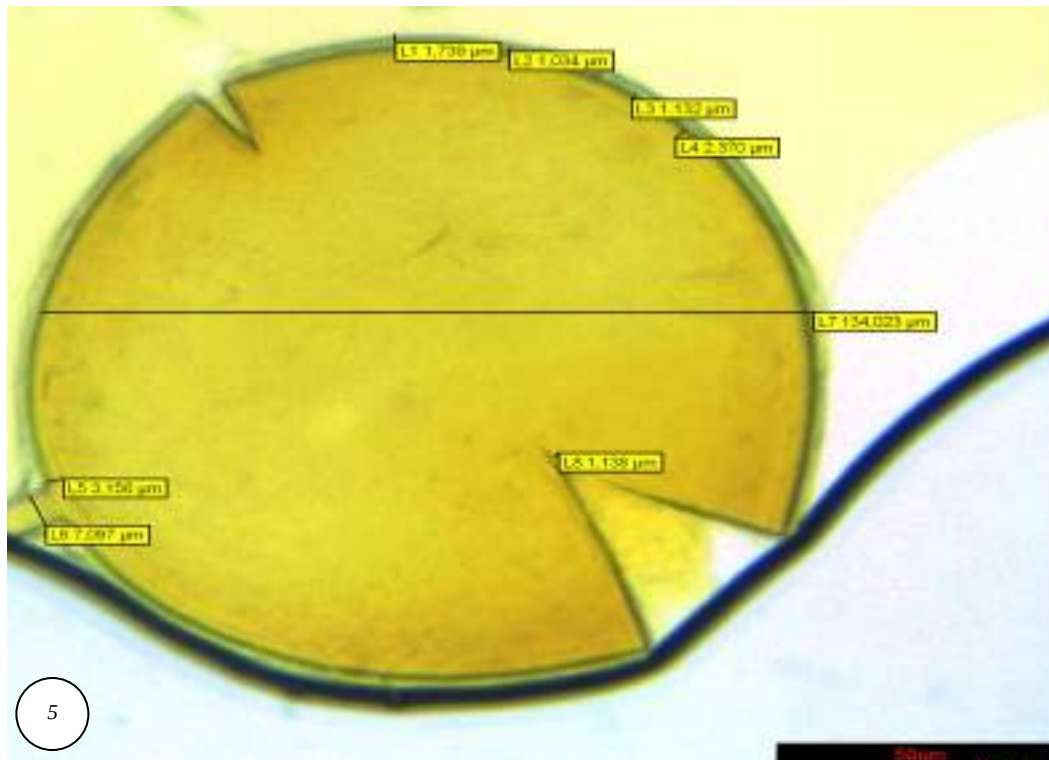


Figure 5c. *Rhizopaghus intraradices* X400 in Melzer.

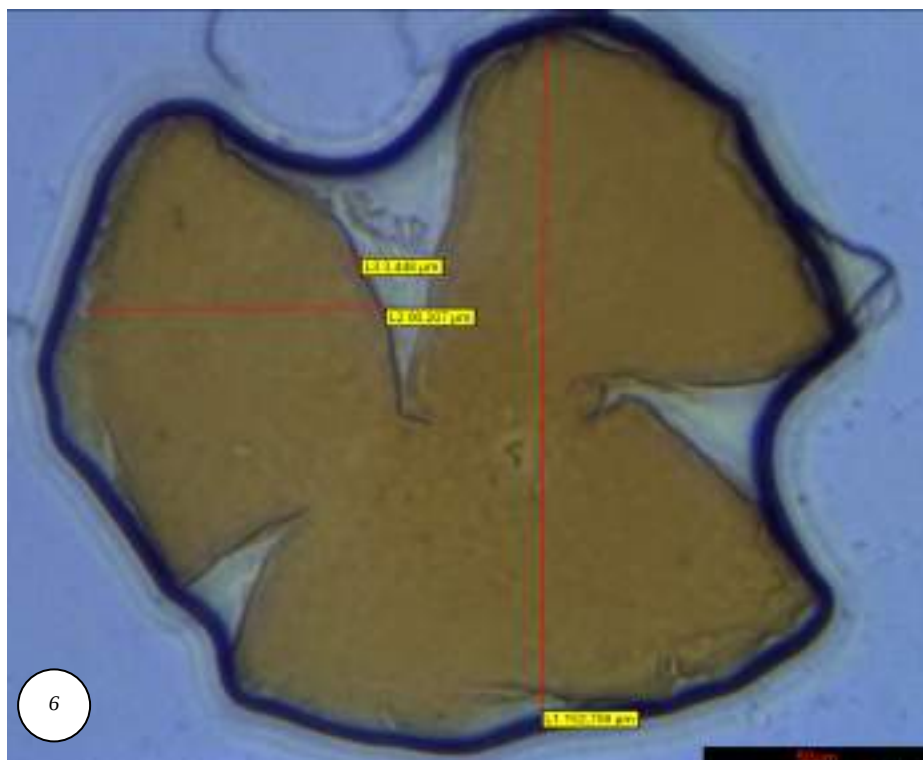


Figure 6a. *Claroideoglomus etunicatum* X400 in PVLG.



Figure 6b. *Claroideoglomus etunicatum* X400 in Melzer.

Table 3. Morphological identification of arbuscular mycorrhizal fungi spores in rhizospheres' P.

distans.(<http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/Species%20descriptions%20of%20AMF.html>) (<http://invam.wvu.edu/thefungi/classification/glomaceae/glomus>)

Sample No	Shape	Size	Color	Hyphal attachment	Auxiliary cell	Sporocarp	Germination shield	Surface ornamentation	Vesicule
1	Globose, subglobose, irregular, with many spores elliptical	40-140 µm, mean = 93.3 µm	White, pale cream (0-0-10-0) to yellow brown (0-10-40-0), sometimes with a green tint.	Cylindrical to slightly flared, occasionally slightly constricted (11-18 µm mean: 15 µm)	None	Presence	None (But germ tube: emerges from the lumen of the subtending hypha. It appears to arise from the innermost sublayer of L3. Some specimens show germ tubes arising from broken ends of hyphal fragments some distance from the spore by the same mechanism. This behavior could account for the high infectivity of hyphal fragments of fungi in this species.)	No, but Outer layers of the spore wall often slough as the spore ages (in soil or in pot culture storage).	Presence (Numerous vesicles (or spores) often form near entry points along with the arbuscule-hyphal network.
2	Globose, subglobose, irregular, with many	40-140 µm, mean = 93.3 µm	White, pale cream (0-0-10-0) to yellow	Cylindrical to slightly flared, occasionally slightly constricted	None	Presence	None (But germ tube: emerges from the lumen of the subtending hypha. It	No, but Outer layers of the spore wall often slough as the spore ages (in soil or in pot culture storage).	Presence (Numerous vesicles (or spores)

	spores elliptical		brown (0-10- 40-0), someti mes with a green tint.	(11-18 µm mean: 15 µm)			appears to arise from the innermost sublayer of L3. Some specimens show germ tubes arising from broken ends of hyphal fragments some distance from the spore by the same mechanism. This behavior could account for the high infectivity of hyphal fragments of fungi in this species.)		often form near entry points along with the arbuscule- hyphal network.
3	Globose, subglobose	60-160 µm, mean = 129 µm	Orange to red brown	Cylindrical to slightly flared (5- 10.2 µm (mean = 7.9 µm)	None	None (Singly)	None (But Germ tube emerges from the lumen of the subtending hypha.)	No, but their sloughing outer spore wall layer did not stain in Melzer's reagent	Presence Numerous arbuscules and vesicles produced within the first eight weeks
4	Globose, subglobose, irregular, with many spores elliptical	40-140 µm, mean = 93.3 µm	White, pale cream (0-0-10- 0) to yellow brown (0-10- 40-0), someti mes with a green tint.	Cylindrical to slightly flared, occasionally slightly constricted (11-18 µm mean: 15 µm)	None	Presence	None (But germ tube: emerges from the lumen of the subtending hypha. It appears to arise from the innermost sublayer of L3. Some specimens show germ tubes arising from broken ends of hyphal fragments some distance from the spore by the same mechanism. This behavior could account for the high infectivity of hyphal fragments of fungi in this species.)	No, but Outer layers of the spore wall often slough as the spore ages (in soil or in pot culture storage).	Presence (Numerous vesicles (or spores) often form near entry points along with the arbuscule- hyphal network.
5	Globose, subglobose	60-160 µm, mean = 129 µm	Orange to red brown	Cylindrical to slightly flared (5- 10.2 µm (mean = 7.9 µm)	None	None (Singly)	None (But Germ tube emerges from the lumen of the subtending hypha.)	No, but their sloughing outer spore wall layer did not stain in Melzer's reagent	Presence Numerous arbuscules and vesicles produced within the first eight weeks

Glomus (*Syn Funneliformis*) was the most common species among the samples, being found in 100% of the soil samples collected (Table 2.). These species are typical of arid and semi-arid environments. It has been reported that *Glomus* has a variable response to different environmental conditions due to the variable phenotypic plasticity of this species (Heslop-Harrison, 1964). The *Glomus* genus was reported to be dominant in arid and semi-arid climates due to its resistance to high soil temperature (Al-Raddad, 1993; Mohammad et al., 2003).

Spores of *Rhizopaghus intraradices* (Fig. 5a, 5b, 5c) were found in abundance in almost every soil sample, and another species determined was *Claroideoglomus etunicatum* (Fig. 6a, 6b). Indigenous VAM fungal communities generally contain several fungal species. Normally 5-15 species may be found in agro-ecosystems. The spores of VAM fungi are very distinctive. Generally, spore density in the soil samples seemed to be dominated by the species of *Rhizopaghus intraradices* and *Claroideoglomus etunicatum*.

The properties of the identified spore species are as follows:

Rhizopaghus intraradices (Schenck & Smith) Walker & Schüßler.

Spores 93–131 μm diameter, brown in colour. Spore walls 3–15 μm thick, yellow to gray brown, with 4 laminated walls, inner walls 1–2 μm thick, darker than outer walls. Spore contents globular, yellow to light brown. Wall of the spore extending into the hyphal attachment forming an apparent tubaeform flare at the juncture with the hyphal attachment. Hyphal attachment 9–33 μm .

Claroideoglomus etunicatum (Becker & Gerdemann)

Spores orange to red brown to very dark in older spores, globose to subglobose, 60–150 μm , mean = 129 μm (n= 269). Spore wall consists of two layers, L1 and L2. L1 is the outer mucilaginous layer (showing some plasticity and an uneven outer surface); 2.5 μm thick which may degrade as the spore ages to develop a granular appearance. L2 consists of thin adherent sub-layers (laminae), light orange-brown to red-brown in colour, 5.0– 6.1 μm thick but thickening to 7.5 μm in the region of the subtending hypha. The subtending hypha is 8.5 μm thick with two layers continuous with the two layers of the spore wall. An occlusion between the innermost sub-layer of the laminate layer of the spore wall is present which resembles a septum (<http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/Glomus%20mossea.html>).

CONCLUSIONS

In conclusion, there is no direct relation between the number of spores and the number of species. The distribution of AMF spore species appears to be more closely related to host plant, soil structure and environmental conditions than to the competition by other AMF spore species (Koske, 1981).

In our study, *Rhizopaghus* and *Claroideoglomus* were the dominant genus the rhizosphere soils of *P. distans* at II Location. However *Funneliformis* was the dominant genus the rhizosphere soils of *P. distans* at I Location.

This was similar to earlier reports and references was observed in the case of VAM association on *P. distans* and salty areas (Hildebrandt et al., 2001; Feng et al., 2002; Giri and Mukerji, 2004; Sharifi et al., 2007; Zuccarini and Okurowska, 2008; Porras Soriano

et al., 2010; Wu et al., 2010; Evelin et al., 2012a; Ruiz-Lozano et al., 2012; Porcel et al., 2012; Bothe, 2012).

In this study carried out within the scope of the project, mycorrhizal spores were detected in the roots of *P. distans*, which is an important halophyte in the vicinity of Salt Lake even at a salt concentration of approximately 25 mS/cm. The plant-AMF relationship is significant in the resistance of plants and spores to salt, and this mechanism will be further investigated.

AMF spore inoculum potential is considerably low in agricultural lands with high disturbance levels due to high salinity. Whereas, indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are tolerant to stressful soil conditions, especially salt stress. For this reason, it can be suggested that AMF spores should be isolated from salty habitats and subjected to identification to be used in salty agricultural areas to increase product yield.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Turkish Scientific and Technical Research Council (TÜBİTAK) (TÜBİTAK 3001-Project Number:116O866) for financing this study. We are very grateful to all who assisted us in field work.

REFERENCES

- Akhani, H. (2006) Biodiversity of halophytic and sabkha ecosystems in Iran. In: Ajmal Khan M et al (eds.) (ed) Sabkha Ecosystems Volume II: West and Central Asia. Springer, pp 71-88
- Aliasgharzadeh, N., Saleh Rastin, N., Towfighi, H., Alizadeh, A. (2001) Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz Plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. *Mycorrhiza*, 11:119-122.
- Al-Raddad, A. (1993). Distribution of different *Glomus* species in rainfed areas in Jordan. *Dirasat*, 20: 165-182.
- Anonim, (2007) Biyolojik Çeşitliliğin Tespiti, Tuzgölü Projesi Sonuç Raporu (Basılmamış).
- Bircan, E., (1997) "Tuz Gölü Kirliliği ve Konya Atık su Arıtma Tesisi İle İlgili Yapılan Çalışmalar Raporu", KOSKİ Genel Müdürlüğü, Konya.
- Błaszowski, J. (2003) Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), *Endogone* and *Complexipes* species deposited in the Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland. <http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski>.
- Błaszowski, J., Renker, C., Buscot, F. (2006) *Glomus drummondii* and *G. walkeri*, two new species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycol. Res.*, 110: 555-566.
- Błaszowski J., Wubet T., Schafer T., Buscot F., Rencker, C. (2008) *Glomus irregulare*, a new arbuscular mycorrhizal fungus in the Glomeromycota. *Mycotaxon*, 106: 247-267.

- Błaszczkowski J., Kovács G.M., Balázs T. (2009a). *Glomus perpusillum*, a new arbuscular mycorrhizal fungus. *Mycologia*, 101: 247-255.
- Błaszczkowski J., Ryszka P., Oehl F., Koegel S., Wiemken A., Kovacs G.M., Redecker D. (2009b). *Glomus achrum* and *G. bistratum*, two new species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) found in maritime sand dunes. *Botany*, 87: 260-271.
- Bothe, H. (2012) Arbuscular mycorrhiza and salt tolerance of plants. *Symbiosis* 58, 7-16.
- Bouyoucos, G.J., 1995. "A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils", *Agronomy Journal*, 43, 434-437.
- Brundrett, M., Melville, L., Peterson, L. (1994) *Practical Methods in Mycorrhizal Research*. Mycologue Publications, University of Guelph, Ontario, Canada
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T. and N, Malajczuk. (1996). Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. *ACIAR Monograph* 32, 374.
- Chlebicki, A. (2002) Graminicolous Fungi from Poland 2. Interactions Of Internal Fungi Isolated From *Puccinellia distans* And Their Salt Tolerance. *Polish Botanical Journal* 47(2): xx-xx.
- Choo, M.K., Soreng, R.J., Davis, J.I. (1994) Phylogenetic relationships among *Puccinellia* and allied genera of Poaceae as inferred from chloroplast DNA restriction site variation. *Am. J. Bot.* 119:126.
- Clayton, W.D., Govaerts, R., Harman, K.T., Williamson, H. ve Vorontsova, M. (2013) "World Checklist of Poaceae. Richmond, UK: Royal Botanic Gardens, Kew", <http://apps.kew.org/wcsp/>.
- Dettmar, J. 1993. "Puccinellia distans-Gesellschaften auf Industrieflächen im Ruhrgebiet-Vergesellschaftung von Puccinellia distans in Europa", *Tuexenia* 13, 445-465.
- Entry, J.A., Rygiewicz, P.T., Watrud, L.S., Donnelly, P.K. (2002) Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. *Advances in Environmental Research* 7 (1), 123-138.
- Evelin, H., Giri, B. ve Kapoor, R. (2012a) Contribution of *Glomus intraradice* to nutrient acquisition and mitigation of ionic imbalance in NaCl-stressed *Trigonella foenum-graecum*. *Mycorrhiza* 22:203-217.
- Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, C.Y., Tang, C. ve Rengel, Z. (2002) Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza* 12: 185-190.
- Fuzy, A., Biro, B., Toth, T, Hildebrandt, U. ve Bothe, H. (2008) "Drought, but not salinity, determines the apparent effectiveness of halophytes colonized by arbuscular mycorrhizal fungi", *J Plant Physiol*, 165, 1181-1192.
- Gerdeman, J.W. ve Nicolson, T.H. (1963) "Spores of Mycorrhiza Endogene Species. Extracted from Soil by Weh Sieving and Decanting", *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 46, 235-244.

- Giovanetti, M. and B. Mosse (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84:489-500.
- Giri, B. and Mukerji, K.G. (2004) Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza* 14: 307-312.
- Hajibolani, R. (2013) "Role of arbuscular mycorrhiza in amelioration of salinity. In: Ahmad P et al (eds) *Salt stress in plants: signalling, omics and adaptations*", Springer, New York, pp 301-354.
- Hammer, E.C., Pallon, J., Wallander H. ve Olsson, P.A. (2011) "Tit for tat? A mycorrhizal fungus accumulates phosphorus under low plant carbon availability" *FEMS Microbiology Ecology*, 76, 236-244.
- Hamurcu, M., Demiral, T., Gezgin, S., Caglar, H., Kizmaz, V. ve Hakkı, E.E. (2011) "The effects of toxic level boron treatments on the biochemical features of *Puccinellia distans*", *European Biotechnology Congress 2011, Istanbul, TURKEY. Current Opinion in Biotechnology* 22, Supplement 1, 145 pp. September 28- October 1, 2011.
- Heslop-Harrison, J. (1964) Forty years of genecology. *Advances in Ecological Research*, 2: 159-247.
- Hızalan, E., Ünal, H. (1965) *Toprakta Kimyasal Analizler*, Ankara: Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, 273.
- Hildebrandt, U., Janetta, K., Ouziad, F., Renne, B., Nawrath, K. ve Bothe, H. (2001) "Arbuscular mycorrhizal colonization of halophytes in Central European salt marshes", *Mycorrhiza*, 1, 175-183.
- Hitchcock, A.S. (1971) *Manual of the Grasses of the United States*. 1st ed. New York Dover. 525.
- INVAM (2004) Identification of AMF to genus level. <http://imvam.caf.wvu.edu>.
- Jackowiak, B. (1996) "Chorological-ecological model of the spread of *Puccinellia distans* (Poaceae) in Central Europe", *Fragm Florist Geobot* 41, 551-561.
- Jackson, M.L. (1973) *Soil Chemistry Analysis*, Prentice, Hall of India Private Ltd. New Delhi, p. 498.
- Johnson-Green P., Kenkel, N.C. ve Booth, T. (2001) "Soil salinity and arbuscular mycorrhizal colonization of *Puccinellia nuttalliana*", *Mycol Res*, 105, 1094-1100.
- Koske, R.E. (1981) A preliminary study of interactions between species of vesicular arbuscular fungi in a sand dune. *Trans.Br. Mycol. Soc.* 76, 411-416.
- Koske, R.E., Tessier, B. (1983) A convenient, permanent slide mounting medium. *Mycological Society of America Newsletter* 34 (2), 59.
- Lembicz, M. (1998) "Life history of *Puccinellia distans* (L.) Parl. (Poaceae) in the colonisation of anthropogenic habitats", *Phytocoenosis* 10, 1-32.
- Mirek Z. and Trzcinska-Tacik H. (1981) Spreading of *Puccinellia distans* (L.) Parl. along the roads in southern Poland. *Ekol. Pol.* 29(3): 343-352.

- Mohammad, M.J., Hamad, S.R., Malkawi, H.I. (2003) Population of arbuscular Mycorrhizal fungi in semiarid environment of Jordan as influenced by biotic and abiotic factors. *J. Arid Environ.*, 53: 409-417.
- Morton, J.B. (1996). Redescription of *Glomus caledonium* based on correspondence of spore morphological characters in type specimens and a living reference culture. *Mycorrhiza*, 6: 161-166.
- Nicolson, T.H. and Gerdeman, J.W. (1968) Mycorrhizal Endogone species. *Mycologia* 60: 313-325.
- Peng, Y.H., Zhu, Y.F., Mao, V., Wang, S.M. ve Tang, Z.C. (2004) "Alkali grass resists salt stress through high K⁺ and endodermis barrier to Na⁺", *Journal of Experimental Botany* 55, 939-949.
- Phillips JM, Hayman DS (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans Br Mycol Soc.* 55: 158-161.
- Porcel, R., Aroca, R. ve Ruiz-Lozano, J.M. (2012) "Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review", *Agron Sustain Dev* 32, 181-200.
- Porrás-Soriano, A., Soriano-Martin, M.L., Porrás-Piedra, A. ve Azco'n, R. (2009) Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. *Journal of Plant Physiology* doi: 10.1016/j.jplph.2009.02.010.
- Richards, L.A. (1954). "Diagnosis and improvements salina and alkali soils." U.S. Dep. Agr. Handbook 60, Stroudsburg, USA.
- Ruiz-Lozano, J.M., Porcel, R., Azcón, C. ve Aroca, R. (2012) "Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies", *J Exp Bot* 63, 4033-4044.
- Sannazzaro, A.I., Ruiz, O.A., Alberto, E.O. ve Menéndez, A.B. (2006) "Alleviation of salt stress in *Lotus glaber* by *Glomus intraradices*", *Plant Soil*, 285, 279-287.
- Schenck, N.C., Perez, Y. (1990) Manual for the identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. INVAM, University of Florida, Gainesville, Fla, USA
- Shabala, S. ve Mackay, A. 2011. In: (Eds.): Kader, J.C. & M. Delseny. "Ion Transport in Halophytes. *Adv. Bot. Res.*", 57: Elsevier., pp. 151-199.
- Sharifi, M., Ghorbanli, M. and Ebrahimzadeh, H. (2007) Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with pre-treated mycorrhizal fungi. *Journal of Plant Physiology* 164: 1144-1151.
- Sieverding, E. (1991) Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. TZ-Verlagsgesellschaft, Technical Cooperation (GTZ), Eschborn, Friedland, Bremer, Rossdorf, Germany.
- Smith, S.E., Read, D.J. (2008) Mycorrhizal symbiosis, 3rd ed. London, UK: Academic Press.
- Stelzer R, Lauchli, A. (1978) Salt- and flooding tolerance of *Puccinellia peisonis*. III. Distribution and localization of ions in the plant. *Z Pflanzenphysiol* 88: 437-448

Tarasoff, C., Mallory-Smith, C., Ball, D. (2007) Comparative plant responses of *Puccinellia distans* and *Puccinellianuttalliana* to sodic versus normal soil types. *J. Arid. Environ.* 70, 403e417.

Ülgen N. ve Yurtsever N. (1974) Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayınlar Serisi, 28, Kemal Matbaası, Ankara.

Wu, Q.S., Zou, Y.N., Liu, W., Ye, X.F., Zai, H.F. ve Zhao, L.J. (2010) Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with mycorrhiza: changes in leaf antioxidant defence systems. *Plant Soil Environ* 56:470–475.

Yamato, M., Ikeda, S., Iwase, K. (2008) Community of arbuscular mycorrhizal fungi in coastal vegetation on Okinawa Island and effect of the isolated fungi on growth of sorghum under salt-treated conditions. *Mycorrhiza*. 18:241–249.

Zangaro, W., Nisizaki, S.M.A., Domingos, J.C.B. ve Nakano, E.M. 2002. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. *Cerne* 8:77–87.

Zuccarini, P. and Okurowska, P. (2008) Effects of mycorrhizal colonization and fertilization on growth and photosynthesis of sweet basil under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* 31: 497–513.

NUMERICAL INVESTIGATION OF 2D LID DRIVEN CAVITY FLOW

Ulaş ATMACA

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Müh.
Bölümü Konya
uatmaca@selcuk.edu.tr

İlker Göktepeli

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Müh.
Bölümü Konya
ilkerkoktepeli@selcuk.edu.tr

ABSTRACT: Two dimensional Navier Stokes equations for incompressible cavity flow are numerically solved by finite volume method. Square cross section is taken as cavity. The boundary condition for upper wall is taken constant velocity while the side and bottom walls are stationary, and the flow is assumed to be laminar. Two dimensional velocity and stream functions are obtained as flow characteristics in cavity. The solution is repeated for different mesh numbers for ensuring the solution is independent from mesh. The same problem with the same boundary conditions is also solved by a commercial CFD program, and the results are compared.

Key words: cavity flow, laminar flow, numerical solution

İKİ BOYUTLU SIKIŞTIRILAMAZ KAVİTE AKIŞIN SAYISAL İNCELENMESİ

Ulaş ATMACA

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Müh.
Bölümü Konya
uatmaca@selcuk.edu.tr

İlker Göktepeli

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Müh.
Bölümü Konya
ilkerkoktepeli@selcuk.edu.tr

ÖZET: İki boyutlu sıkıştırılamaz bir akışkan için kavite akışı Navier Stokes denklemleri sonlu hacimler yöntemi ile sayısal olarak çözülmüştür. Kavite olarak kare kesit incelenmiştir. Yan ve alt yüzeyler sabit dururken üst yüzeyin sabit bir hız ile hareketi sınır şartı olarak ele alınmış ve akışın laminar olduğu kabul edilmiştir. Kavite içinde akış karakteristiği olarak iki boyutta hız ve akım fonksiyonu belirlenmiştir. Sonuçların ağ yapısından bağımsızlığını kontrol etmek için çözüm farklı sayıda ağ ile tekrarlanmıştır. Ayrıca aynı problem aynı sınır şartlarında ticari bir program ile çözümlenerek sonuçları karşılaştırılmıştır.

Anahtar sözcükler: kavite akışı, laminar akış, sayısal çözüm

GİRİŞ

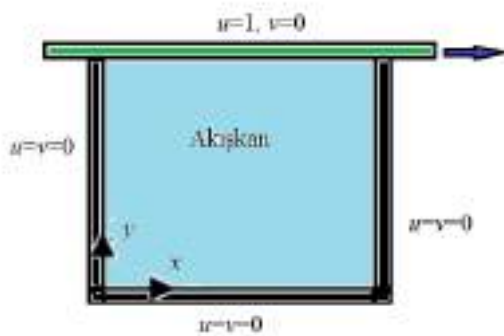
Hesaplamalı akışkanlar mekaniği alanında en çok incelenilen konulardan birisi kavite akışlarıdır. Kavite akışı katı yüzeyler üzerindeki oylumlar üzerinden geçen akış olarak tanımlanabilir. (Özsoy, 2011) . Kapalı hacimlerde akışa yaygın olarak uçak gövdesi üzerinde akış problemlerinde, güneş toplayıcılarında, bilgisayar ve elektronik devrelerin soğutulma sistemlerinde, jeotermal kaynak ve yer altı sıcak su kaynaklarında rastlanılmaktadır Basit bir geometriye sahip olmalarına rağmen, kavite üzerindeki akışın, güçlü basınç, hız ve bazen yoğunluk değişimleri nedeni ile oldukça karmaşık ve kompleks bir yapıya sahip olduğu çok iyi bilinmektedir. Sözü edilen kompleks akış ve güçlü değişimler daha yüksek sürtünme kuvvetlerine, aşırı gürültü ve titreşim problemlerine de sebep olabilmektedir. Bu nedenle, eğer kavite akışının olumsuz etkilerinin kontrol ve minimize edilmesi gerekiyorsa, kavite akışının fiziğinin anlaşılması, bu akışın modellenebilmesi, analiz edilebilmesi ve bu akışın neden olduğu sonuçların kabul edilebilir hassasiyette tahmin edilebilmesi şarttır. (Özsoy, 2011)

Kare biçiminde kavite akışı bir çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Ertürk ve diğ. 2005, Ertürk ve Gökçöl, 2006, Ertürk, 2009, Botella, 1998). Farklı şekilli kavitelerde akış incelemesi literatürde mevcuttur. Paralel kenar (Mohapatra, 2016), üçgen (Idris ve diğ. 2011, Ghasemi ve Aminossadati, 2010), yamuk (Zhang ve diğ, 2010), yarı elips (Idris ve diğ, 2012) ve yarı dairesel (Mercan ve Atalık, 2009) formunda kavitelerde akış yapıları ele alınmıştır. Ayrıca aynı geometrilerde akışkan özellikleri değiştirilerek akış karakteristikleri de belirlenmiştir.

Bu çalışmada kare kesitli bir kavite de laminar akış ele alınmıştır. Sonlu hacimler yöntemi ile Navier Stokes denklemleri çözülmüş ve akış karakteristikleri belirlenmiştir. Aynı problem ticari yazılım olan ANSYS18 ile de çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

YÖNTEM

Problemın şematik resmi şekil (1) de verilmiştir. Çözüm alanı olarak 1:1 oranlarında kare kesitli bir hacim ele alınmıştır. Üst cidar hariç diğer üç cidarın hareketsiz olduğu, sadece üst kenarın pozitif x yönünde birim hız ile hareket ettiği kabul edilmiştir.



Şekil 1. Problemin şematik resmi

Çözümde iki boyutlu, sıkıştırılmaz, akışkan özellikleri sabit ve kütle kuvvetlerinin olmadığı varsayılmıştır. Kavite akışı için boyutsuz x-momentum denklemi denklem (1)'de y-momentum denklemi denklem (2)' de ve süreklilik denklemi denklem (3)'te verilmiştir.

$$\frac{\partial u'}{\partial t'} + \frac{\partial u'^2}{\partial x'} + \frac{\partial u'v'}{\partial y'} = -\frac{\partial p'}{\partial x'} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 u'}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 u'}{\partial y'^2} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial v'}{\partial t'} + \frac{\partial u'v'}{\partial x'} + \frac{\partial v'^2}{\partial y'} = -\frac{\partial p'}{\partial y'} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 v'}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 v'}{\partial y'^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial u'}{\partial x'} + \frac{\partial v'}{\partial y'} = 0 \quad (3)$$

Bu denklemlerde u' x yönünde boyutsuz hızı, v' y yönünde boyutsuz hızı, t' boyutsuz zamanı, x' boyutsuz x koordinatını, y' boyutsuz y koordinatını, p' boyutsuz basıncı ve Re terimi Reynolds sayısını göstermektedir.

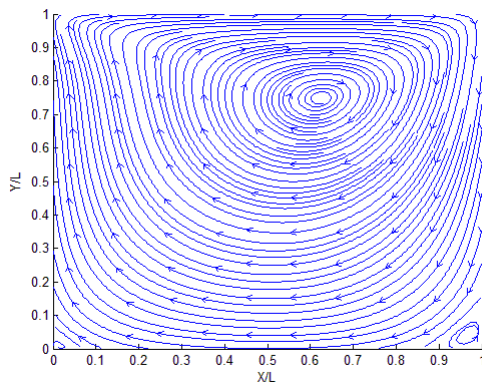
Navier-Stokes denklemlerinin boyutsuzlaştırılmasında kullanılan boyutsuz değişkenler şu şekildedir.

$$u' = \frac{u}{U_{lid}}, v' = \frac{v}{U_{lid}}, x' = \frac{x}{L_{lid}}, y' = \frac{y}{L_{lid}}, t' = \frac{t \cdot U_{lid}}{L_{lid}}, \rho' = \frac{\rho}{\rho_o}, \mu' = \frac{\mu}{\rho_o}, p' = \frac{p - p_o}{\rho \cdot U_{lid}^2} \text{ ve } Re = \frac{\rho \cdot U_{lid} \cdot L_{lid}}{\mu}$$

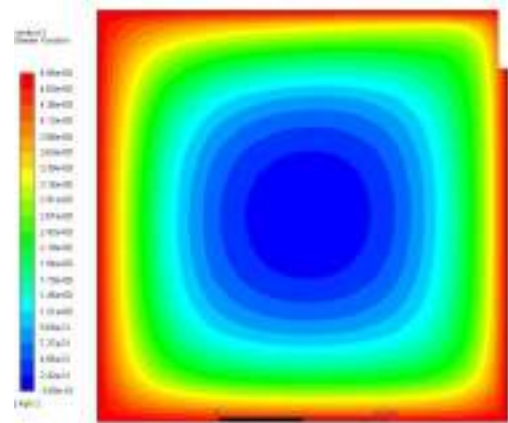
Bu terimlerde U_{lid} , üst cidar hızını, L_{lid} kavite kenar uzunluğunu, ρ yoğunluğu, μ terimi de dinamik viskozitedir. Sonlu hacimler yöntemi kullanılarak denklemler ayrıklaştırılmıştır. Çözüm alanı homojen grid sistemlerine bölünmüştür. Momentum denklemlerinde hızların bulunmasında kaydırılmış grid sistemi kullanılmıştır. Çözümlerde hassasiyet limiti olarak 10^{-4} değeri alınmıştır. Aynı problem ANSYS 18 programı ile de çözülerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

SONUÇLAR

Kare şeklinde bir kavitede sadece üst cidarın +x yönünde birim hız ile hareket etmesi durumunda oluşan akış karakteristikleri belirlenmiştir. Şekil 2.a'da 28×28 grid sayısında yazılan program ile elde edilen akım Şekil 2.b'de ise ANSYS 18 programı ile elde edilen akım fonksiyonunu verilmiştir Şekil 2 de akım fonksiyonlarının birbirine benzediği ancak ticari programda dönüm noktasının daha merkezde olduğu görülmektedir.



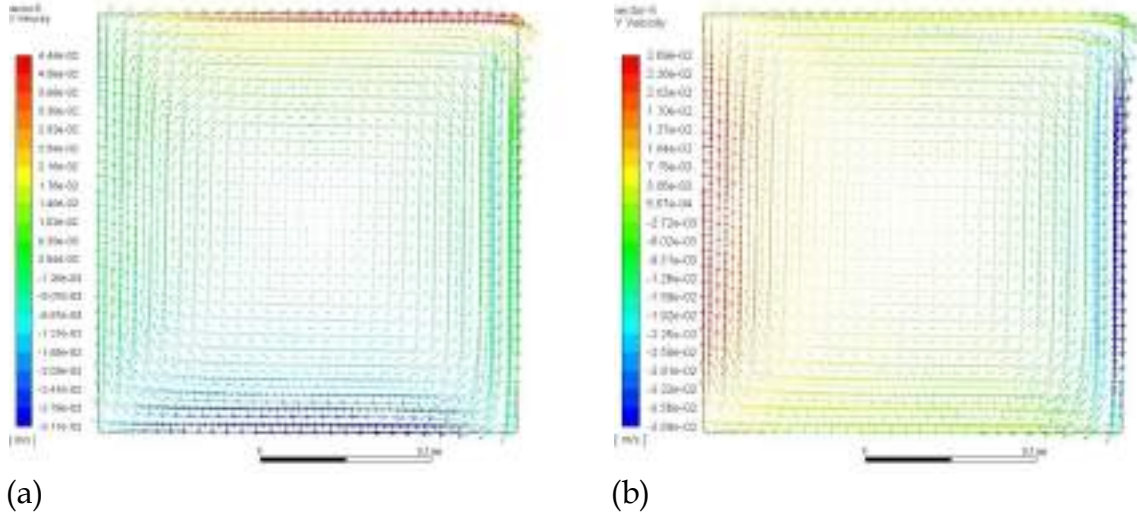
(a)



(b)

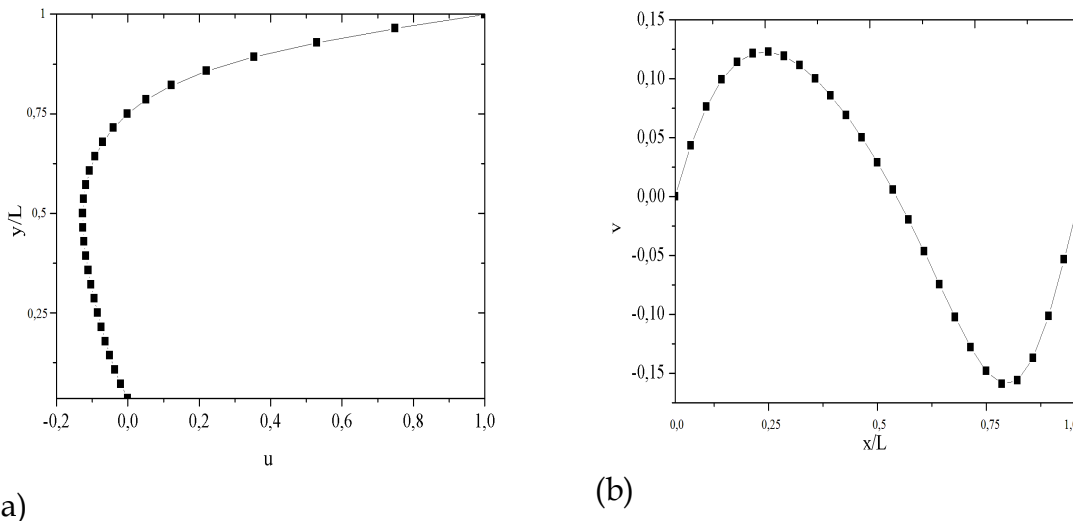
Şekil 2. 28×28 grid sayısında akım fonksiyonları a)program b)ANSYS 18

Şekil 3'te aynı grid sayısında ANSYS programı ile edilen yatay ve düşey hızlar vektörel olarak verilmiştir. Şekil 3.a'da x yönündeki hızlar Şekil 3.b'de y yönündeki hızlar gösterilmiştir.



Şekil 3. 28x28 grid sayısında yatay ve düşey hızlar a) yatay hızlar b) düşey hızlar

Şekil 4'te yatay ve düşey eksenlerde hızlar verilmiştir. Şekil 4.a'da orta düşey ekseninde yatay hızlar, 4.b'de ise orta yatay ekseninde düşey hızlar gösterilmiştir. Kavitenin ortasında bir çevrim olduğundan orta eksene kadar u hızları negatif değerler almaktadır. Orta eksenden sonra pozitif değerlere geçmekte ve üst cidarda verilen sınır şartı olan 1 değerine ulaşmaktadır. Benzer şekilde Şekil 4.b'de kavitenin sol yarısında v yönündeki hızlar pozitif değerlidir. Cidarda sıfır değerinden başlamakta, yaklaşık olarak kavitenin yatay dörtte birlik kısmında bir maksimuma ulaşmakta daha sonra azalarak orta eksende sıfır değerine düşmektedir. Kavitenin sağ tarafında hızla negatif değerler artmakta negatif yönde bir minimum değerine ulaştıktan sonra cidar da tekrar girilen sınır şartı olan 0 değerine ulaşmaktadır.



Şekil 4. Orta eksenlerde hızlar a) düşey ekseninde u hızı b) yatay ekseninde v hızı

YORUMLAR

Bu çalışmada kare kesitli bir kavitede akış sayısal olarak ele alınmıştır. Sonlu hacimler yöntemi ile Navier Stokes denklemleri çözülmüş ve hızlar ile akım fonksiyonları elde edilmiştir. Aynı problem ANSYS 18 ile de çözülerek sonuçları verilmiştir.

KAYNAKLAR

- Botella, O., & Peyret, R. (1998). Benchmark spectral results on the lid-driven cavity flow. *Computers & Fluids* 27(4), 421-433.
- Erturk, E., Corke, T. C. & Gökçöl, C. (2005). Numerical solutions of 2-D steady incompressible driven cavity flow at high Reynolds numbers. *Int. J. Numer. Meth. Fluids*; 48, 747-774.
- Erturk, E. & Gökçöl, C. (2006). Fourth-order compact formulation of Navier-Stokes equations and driven cavity flow at high Reynolds numbers. *Int. J. Numer. Meth. Fluids*; 50, 421-436.
- Erturk, E. (2009). Discussions on driven cavity flow. *Int. J. Numer. Meth. Fluids*; 60, 275-294
- Ghasemi, B. & Aminossadati S.M. (2010). Mixed convection in a lid-driven triangular enclosure filled with nanofluids, *International Communications in Heat and Mass Transfer* 37, 1142-1148.
- Idris, M. S., Nor Azwadi, C. S. & Izual N.I.N. (2011). Vortex Structure in a Two Dimensional Triangular Lid-Driven Cavity. *The 4th International Meeting of Advances in Thermofluids (IMAT 2011)*
- Idris, M.S., Irwan M.A.M., & Ammar, N.M.M. (2012). Steady state vortex structure of lid driven flow inside shallow semi-ellipse cavity, *Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES)*, Volume 2, pp. 206-216, June 2012.
- Mohapatra, R.C. (2016) Study on Laminar Two-Dimensional Lid-Driven Cavity Flow with Inclined Side Wall. *Open Access Library Journal*, 3: e2430.
- Mercan, H. & Atalık, K. (2009) Vortex formation in lid-driven arc-shape cavity flows at high Reynolds numbers, *European Journal of Mechanics B/Fluids* 28, 61-71.
- Özsoy, E., & Aslan, A. R. (2011). Üç boyutlu bir kavite üzerindeki sıkıştırılamaz akışın sayısal bir yöntemle analizi. *İTÜ Dergisi/D Mühendislik*, 10: 3, 149-159.
- Zhang, T., Shi B. & Chai, Z. (2010) Lattice Boltzmann simulation of lid-driven flow in trapezoidal cavities. *Computers & Fluids* 39, 1977-1989.

ENERGY CONSUMPTION OF COMMERCIAL BUILDINGS

Adem ATMACA

Department of Energy Systems Engineering, Gaziantep University, Turkey
aatmaca@gantep.edu.tr

ABSTRACT: This paper presents the first study about the life cycle assessment of commercial buildings. In this study, a life cycle energy analysis of two commercial buildings have been performed. The study involves the literature review, the records used for such an overall procedure, and approach and offers an application of the method that studies two real commercial buildings built in Gaziantep, Turkey. The intended pattern concentrated on building construction, operating and destruction stages in order to evaluate gross energy consumption and carbon dioxide throughout 50-year lifetime. The results expressed that the operating stage is prevailing in both commercial buildings and share in 86-90% of the primary energy necessities.

Key-Words: Energy consumption, commercial buildings, life cycle assessment

1. INTRODUCTION

Buildings play a dominant role whatever is household tasks, industrial processes, administrative work or leisure actions have been. They not only provide residence to public, they can also encourage social evolution (i.e., collaborations, well-being, productivity and social progress) if adequately planned and organized [1,2]. Typically, the building industry has considered the weather, which would permit for higher levels of efficiency, thereby enhancing sustainability. In a cool climate, solid structures will be used with small window spaces and dense wooden walls. The contrary was right in warm and wet climates where buildings could be used on high-roof substrates to increase natural ventilation [3]. The introducing of low-priced fossil fuels and related technologies has led communities to set predominantly built surroundings with respect to beauty instead of efficiency, making buildings "energy hungry" [4]. The design of buildings has important effects on energy consumption in the life cycle of buildings. Energy-efficient design has been particularly enhanced in advanced countries as a tradition in which overall energy effectiveness can be attained through the life cycle of buildings. In this research a comparative study of two commercial buildings has been conducted whichever is more energy efficient. Two ideal buildings were studied to signify the mass of commercial buildings built in Gaziantep, Turkey. Particular architectural, functional and operational records for the buildings were taken from executive drawings, utility bills taken from administration office of both of buildings. In the case of Turkey, there is presently no existent database for materials that are used in buildings. Given the different manufacturing procedures

and variances in the economic arrangement of each country, the use of ICE data to determine the energy efficiency of the materials used in Turkey can lead to inaccuracies.

2. LITERATURE REVIEW

The building manufacturing has a significant function in nation's economy. For instance, in U.S.A the contribution of building industry in Gross Domestic Product (GDP) was 9 percent in 2005 [5, 6] considering modern construction, maintenances and improvements of residential and commercial buildings. The construction industry provides employment opportunities for 7.2 million employees and salaries in 2008 and 1.8 million self-employed workers [7]. Buildings have important influences on the environment and human well-being [8-10]. According to the US Environmental Protection Agency [11], building related construction and dismantling (C & D) rubble related to construction accounts for about 160 million tons each year, accounting for about 26% of entire US non-industrial waste production it is reporting. Also, according to the US Department of Agriculture [12-14], the United States owns 60 million urban areas (2.6% of 2.3 billion acres in the US) and has increased 13% from 1990 to 2002.

Commercial buildings are less various in quantities than residential buildings. But, commercial buildings cause a greater environmental effect per unit for primary energy use, electricity consumption, carbon dioxide releases, and water consumption. In addition, commercial buildings showed a reduction in energy effectiveness per unit, compared with residential buildings that improved energy effectiveness during the period 1985-2004. According to the US Department of Energy [6], energy intensity in the US construction section increased by 12%, the land area increased by more than 35%, and overall prime energy use increased by 50% during 1985-2004 Fig.1. This finding presents that the design of commercial buildings has not enhanced, when estimating built on energy use point of view. The same report shows that the major use of major energy in commercial buildings is lighting (25%), cooling (13%) and heating (14%). Atmaca and Atmaca [15] conducted a study comparing two actual residential buildings built at Gaziantep in Turkey. In this study, they focused on construction at the construction, operation and dismantling stage and estimated total energy consumption and carbon emissions for 50 years. The first building is built in urban areas and the second building in rural areas. The building's life expectancy was considered 50 years. The first building has a floor area of 260 m², a floor area of 13 m², two residences per floor, four bedrooms, and a large salon per dwelling. The second building is a small building with a total area of 110 m², with 3 stories, 4 stories residences, and stairs. Each residential unit has two bedrooms and a salon.

There are many other studies about the sustainability of residential buildings in the literature [16-29].

3. METHODOLOGY

The basic idea of LCA is to determine the environmental effects of the product at several phases of the life cycle.

The LCA assesses the total resources inputs; involving energy, water and materials, and green loading, involving CO₂ emissions and building waste, at several stages of the life cycle. They can be denoted accurately by equation (1):

$$I = I_{extr} + I_{man} + I_{onsite} + I_{operation} + I_{demolition} + I_{recycling} + I_{disposal} \quad (1)$$

Where I denotes the life cycle environmental impact, and I_j denotes the environmental impacts of j th building stage. LCEA is a method that represents all energy inputs of building in its life cycle. The limits of the system involve the use of energy in manufacturing (embodied energy), the use of (operating power), and stages of destruction. The manufacturing phase includes the manufacture and transportation of building materials and repair of buildings. The operating phase includes all activities (heating, cooling, lighting, household appliances, cooking and hot water) related to the use of buildings, over their lifetime. The final stage is the demolition phase, which involves the destruction of a building and the transfer of dismantled materials to landfill sites or recycling plants. An analysis of Asia can be performed using either primary or secondary energy. LCEA should be given mathematically by substituting the terms I 's in Eq. (1) by E 's to get Eq. (2) as shown in the next:

$$E = E_{extr} + E_{man} + E_{onsite} + E_{operation} + E_{demolition} + E_{recycling} + E_{disposal} \quad (2)$$

Where E indicates the entire energy used during the whole life cycle of a building, and E_j indicates to the energy used during j th building stage.

The evaluation of the construction stage contains evaluation of EE which is determined as the entire main energy (MJ) needed by building ingredients during the industrial stage. Energy content of all materials used in buildings and mechanical systems, energy acquired at the time of new construction and restoration of the building. Embodied energy can be separated into two principal parts: Primary embodied energy: the energy embodied in a building's primary construction, Frequent embodied energy: The energy required to design and replace building materials over the useful life of a building.

The carbon and energy inventory (ICE) version 2.0 is used to calculate initial energy necessities and greenhouse gas releases. ICE contains embodied energy, carbon, greenhouse gases (calculated in grams of carbon dioxide corresponding and CO₂e) for a huge amount of materials. Operational power is the energy necessary to maintain continuous well-being conditions in the building, energy for heating, ventilation, air conditioning, local hot water, lighting, and operation of the equipment. Operating stage is considered as the major part of energy consumption of the life cycle of commercial buildings. In this research, actual power consumption registers taken from electricity bills. Table2 presents an example of the monthly electricity bills records of each building. Both of the buildings use electricity for several functions Destruction energy is the energy needed at the end of the life of the building service to destruct it and to carry the materials to the landfill place or reprocessing plants. It is the total amount of energy consumed by the real destruction procedure and energy needed to carry the trash. It represents only a little amount of entire life cycle energy consumption. The stake of the destruction power was evaluated to be 0.2% of the entire life cycle consumption of the primary energy of the building.

4. RESULTS

In this study, procedure-based evaluation is used to complete results. We can notice that Sanko Park has higher EE (532,809.314 GJ) values. In comparison, Forum has

lower EE (257,974.835 GJ) values (Fig.1). Forum has about 50% lower EE consumption than Sanko Park in construction stage. Most of EE is granted from steel (37-38%), concrete (51-53%), blocks (7-8%) and the residual is the other raw materials. The larger quantity of EE for steel and concrete in comparison with other materials results from the higher quantity of steel and concrete used per square meter. Around 76% of concrete and 80% of steel are used in floors construction. Operating energy in both Sanko Park and Forum is predominant and differs from 85% to 90%, respectively. Forum devours energy a little more than Sanko Park in operating stage: 44,522.5 MJ/m² compared to 43,872.99 MJ/m² for Sanko Park (See Figs. 2 and 3).

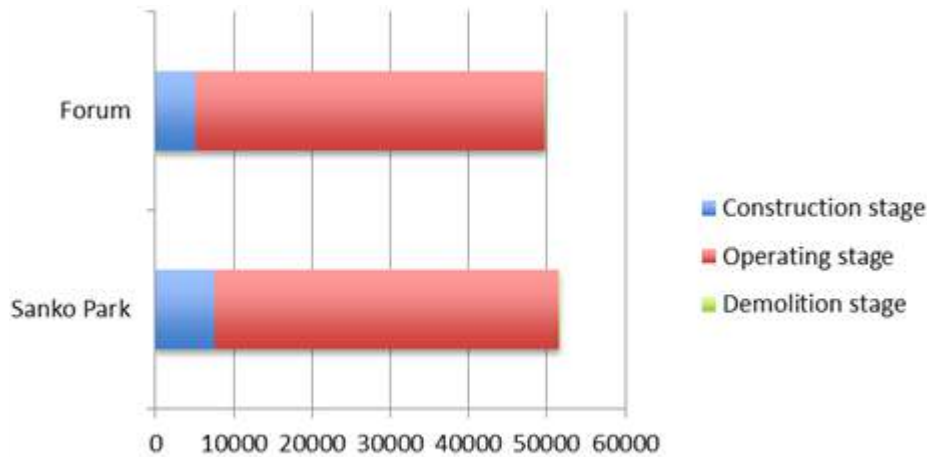


Fig. 1. Primary energy requirements of Sanko Park and Forum (MJ/m²).

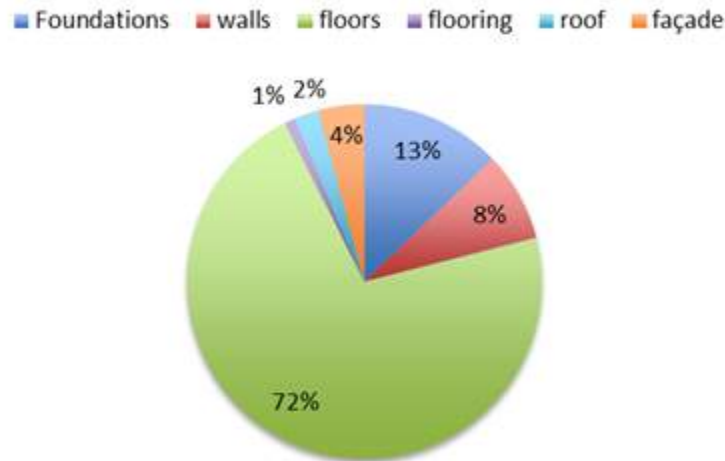


Fig. 2. Life cycle percentages of every sector of Sanko Park.

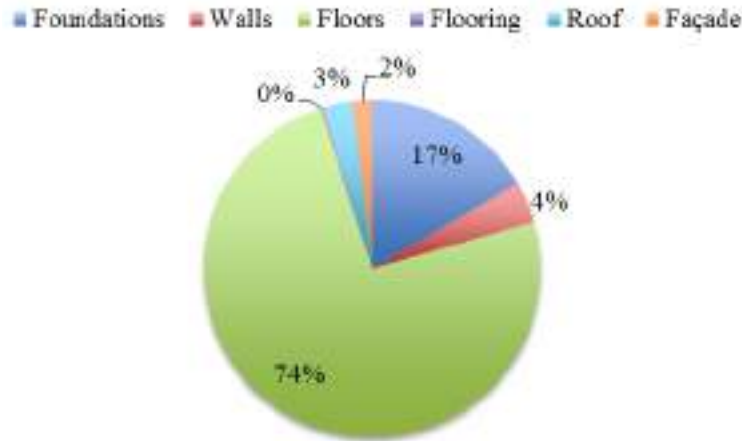


Fig. 3. Life cycle EE percentages of every sector of Forum.

REFERENCES

- [1] American Society of Civil Engineers (2013). American Society of Civil Engineers. Retrieved May 15, 2013, from <http://www.asce.org/>.
- [2] R.Yao, Design and management of sustainable built environments,(2013) New York: Springer.
- [3] N.Lechner, Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects. (4th Ed.) Hoboken, NJ: Wiley,(2015).
- [4] J.Fosket,L. Mamo, Living green: Communities that sustain. Gabriola Island, BC: New Society Publishers(2009).
- [5] J.Kneifel, Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings. Energy Build (2010) 42:333–340.
- [6] US Department of Energy. (2008). "Energy efficiency trends in residential and commercial buildings." Available at http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/corporate/bt_stateindustry.pdf. Accessed 02-25-2013.
- [7] Bureau of Labor Statistics. (2011). "Construction / employment." Available at <http://www.bls.gov/oco/cg/cgs003.htm>. Accessed 10-10-2011.
- [8] L.Pérez-Lombard, J.Ortiz, and C.Pout, "A review on buildings energy consumption information." Energy and buildings,(2008) 40(3), 394-398.
- [9] A.Horvath, "Construction materials and the environment." Annual Review of Environment and Resources (2004) 29,181-204.
- [10] McKinsey,"Resource revolution: Meeting the world's energy, materials, food, and water needs." McKinsey sustainability & resource productivity practice (2011)12-1
- [11] US Environmental Protection Agency. (2009). "Buildings and their impact on the environment: A statistical summary." Available at <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/gbstats.pdf>. Accessed 03-20-2012.
- [12] US Department of Agriculture. (2002). "Major uses of land in the United States." EIB-14, Economic Research Service, USDA. Available at http://www.ers.usda.gov/media/249896/eib14_reportsummary_1_.pdf. Accessed 02-25-2013.
- [13] Junnila, Seppo, and Arpad Horvath. "Life-Cycle Environmental Effects of an Office Building." Journal of Infrastructure Systems 9.4 (2003): 157-166. PDF.
- [14] Yang, Frances. "Integrating Life Cycle and Carbon Assessments: What Life Cycle Assessment Can Teach Structural Engineers about Design and

- Specification." *Structures Congress 2011*. Eds. Dana Ames, Theodore L. Droessler, and Marc Hoit. Reston, VA: ASCE, 2011. 495-506. PDF.
- [15] A.Atmaca, N. Atmaca, Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO_{2A}) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. *Energy Build* 102 (2015) :417-431.
- [16] M.Asif, T. Muneer, R. Kelley, Life cycle assessment: a case study of a dwelling home in Scotland. *Build Environ* 42 (2007) :1391-1394.
- [17] RH.Crawford , Validation of a hybrid life-cycle inventory analysis method. *J Environ Manag* (2008) 88:496-506
- [18] GA.Blengini , Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: a case study in Turin, Italy. *Build Environ* 44(2009) :319-330.
- [19]J.Bastos, SA. Batterman, F.Freire , Life-cycle energy and green- house gas analysis of three building types in a residential area in Lisbon. *Energy Build* 69(2014) :344-353.
- [20] C. Scheuer, G.A. Keoleian, P. Reppe, Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications, *Energy Build.* 35 (2003) 1049-1064.
- [21] M. Beccali, M. Cellura, M. Fontana, S. Longo, M. Mistretta, Energy retrofit of a single-family house: life cycle net energy saving and environmental benefits, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 27 (2013) 283-293.
- [22] B. Cheonghoon, P. Sang-Hoon, S. Michiya, L. Sang-Ho, Life cycle carbon dioxide assessment tool for buildings in the schematic design phase, *Energy Build.* 61 (2013) 275-287.
- [23] IEA (International Energy Agency), Transport Energy and CO₂ . Moving Toward Sustainability, 2009 <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf> .
- [24] Adem Atmaca (2016). Life cycle assessment and cost analysis of residential buildings in South East of Turkey: Part 1- Review and Methodology. *International Journal of Life Cycle Assessment* 21(6), 831-846.
- [25] Adem Atmaca (2016). Life cycle assessment and cost analysis of residential buildings in South East of Turkey: Part 2 - A case study. *International Journal of Life Cycle Assessment* 2 (7) 925-942.
- [26] Adem Atmaca (2018). Sustainable life span prediction of shelters constructed in refugee camps in Turkey. *Energy, Ecology and Environment.* 3/1;5-12
- [27] Adem Atmaca, Nihat Atmaca (2016). Comparative life cycle energy and cost analysis of post-disaster temporary housings. *Applied Energy* 171/429-443.
- [28] Adem Atmaca, Nihat Atmaca (2018). "Energy efficiency and engineering applications" in conjunction with the "International energy and engineering conference 2016" (Oct 13-14, 2016) *Energy, Ecology and Environment* 3/1;1-4.
- [29] Adem Atmaca, Sara Kanbar, Nihat Atmaca (2017). A Review of Studies on Life Cycle Assessment of Commercial Buildings, 27-28 July 2017, Wasrti, Universitat de Barcelona- Edifici Histic, Barcelona, Spain.19th International Conference on Researches in Science & Technology (ICRST) GICICRST1708141.



Editor: Assoc. Prof. Dr. Adem Atmaca
Gaziantep University Engineering Faculty
+90 342 360 12 00
+90 342 360 10 13
uemk2018@gmail.com
http://uemk.gantep.edu.tr/

Published by
Gaziantep University, Engineering Faculty, Energy Systems Engineering, Üniversite
Bulvarı 27310 Şehitkamil - Gaziantep, TÜRKİYE

ISBN
978-975-7375-45-6

Date of Approval / Onaylanma Tarihi
2018-10-23 08:14:53

No part of the material protected by this copyright may be reproduced or utilized in any form or by any means, without the prior written permission of the copyright owners, unless the use is a fair dealing for the purpose of private study, research or review. The authors reserve the right that their material can be used for purely educational and research purposes. All the authors are responsible for the originality and plagiarism, multiple publication, disclosure and conflicts of interest and fundamental errors in the published works.

Copyright © 2018. All rights reserved.



978-975-7375-45-6