

ULUSLARARASI
MARDİN ARTUKLU MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR
KONGRESİ
«Uygulamalı Bilimler Tam Metin Kitabı»
19-21 Nisan 2019
MARDİN



Editörler:
Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÇİFTÇİ
Öğr. Gör. Yasemin AĞAOĞLU

ISBN: 978-605-7875-40-2
İKSAD YAYINEVİ



**MARDİN ARTUKLU
ULUSLARARASI
MULTİDİSİPLİNER
ÇALIŞMALAR KONGRESİ
19-21 NİSAN 2019
MARDİN/TÜRKİYE**

**UYGULAMALI BİLİMLER
ALANINDA TAM METİN KİTABI**



ISBN 978-605-7875-40-2

KONGRE TAM METİN KİTABI

Editörler

Dr.Öğr. Üyesi Hasan ÇİFTÇİ

Öğr.Gör.Yasemin AĞAOĞLU

İKSAD YAYINEVİ®

(TC. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI YAYINEVİ RUHSAT NUMARASI: 2014/31220)

TÜRKİYE

TR: +90 342 606 06 75 USA: +1 347 257 9863

E-mail: info @iksad.com

Bu kitabın tüm hakları İKSAD Yayınevi'ne aittir.

Yazarlar etik ve hukuki olarak eserlerinden sorumludurlar.

Iksad Publications - 2019©

Yayın Tarihi: 12.05.2019

ISBN 978-605-7875-40-2

KONGRE KÜNYESİ

KONGRE ADI

MARDİN ARTUKLU ULUSLARARASI MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR
KONGRESİ

TARİHİ VE YERİ

19-21 Nisan 2019 MARDİN

DÜZENLEYEN KURUMLAR

İKSAD- İktisadi Kalkınma ve Sosyal Araştırmalar Derneği

BİLİM KURULU BAŞKANI

Prof. Dr. Sarash KONYRBAYEVA

DÜZENLEME KURULU

Doç. Dr. Veysi ÜNVERDİ

Dr. Adnan OKTAY

Sefa Salih BİLDİRİCİ

Yasemin AĞAOĞLU

Damezhan SADYKOVA

Ahmad Awad RASLAN

Zeynep KARAÇOBAN

Kaldygul ADILBEKOVA

Bircan TAŞKESER

KOORDİNATÖR

Öğr.Gör.Yasemin AĞAOĞLU

KONGRE DİLLERİ

Türkçe, İngilizce

BİLİM VE DANIŞMA KURULU

Dr. Adil AKINCI

Kırklareli Üniversitesi

Dr. Alma T. AKAJANOVA

Abay Kazak Milli Pedagoji Üniversitesi

Dr. Alla A. TIMOFEVA

Vladivostok Devlet Ekonomi Üniversitesi

Dr. Ali Rıza GÜL

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Dr. Alia R. MASALİMOVA

Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Dr. Amanbay MOLDİBAEV

Taraz Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Anatoliy LOGİNOV

Ukrayna Şevçenko Lugan Milli Üniversitesi

Dr. A.S. KIDIRŞAYEV

Makhambet U. Batı Kazakistan Devlet Üniversitesi

Dr. Ayslu B. SARSEKENOVA

Orleu Milli Kalkınma Enstitüsü

Dr. Bahit KULBAEVA

S.Baybeşev Aktobe Üniversitesi

Dr. Bakıt OSPANOVA

H.Ahmet Yesevi Uluslararası Kazak-Türk Üniversitesi

Dr. Bayram BOLAT

Ömer Halisdemir Üniversitesi

Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA

K.Zhubanov Aktobe Devlet Bölge Üniversitesi

Dr. Barış YILDIZ

Gümüşhane Üniversitesi

Dr. Bahtiyar MEHMETOĞLU

Tokat Üniversitesi

Dr. Barış AYTEKİN

Kırklareli Üniversitesi

Dr. Bekzhan B. MEYRBAEV

Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Dr. Berrin GÜZEL

Adnan Menderes Üniversitesi

Dr. B.K.ZAYADAN

Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Dr. Botagul TURGUNBAEVA

Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Caner KARAVİT

Mimar Sinan Üniversitesi

Dr. Cemal İNCE

Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA

Rasulbekov Kırgız Ekonomi Üniversitesi

Dr. D.K.TÖLEGENOVA

Makhambet U. Batı Kazakistan Devlet Üniversitesi

Dr. Dinarakhan TURSUNALİEVA

Rasulbekov Kırgız Ekonomi Üniversitesi

Dr. Dursun KÖSE

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Dzhakipbek A. ALTAEV

Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Dr. Elvan YALÇINKAYA

Ömer Halisdemir Üniversitesi

Dr. Elena Belik VENIAMINOVNA

Vladivostok Devlet Ekonomi Üniversitesi

Dr. Erkan ALSU

Gaziantep Üniversitesi

Dr. F. Zişan KARA

Aksaray Üniversitesi

Dr. Fethi DEMİR

Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Dr. Fujimaki HARUYUKI

Tottori University
Dr. George RUDIC
Montreal Pedagoji Enstitüsü
Dr. Gönül ERDEM NAS
Bartın Üniversitesi
Dr. Guzel SADYKOVA
Kastamonu Üniversitesi
Dr. Gulmira ABDİRASULOVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi
Dr. Gulşat ŞUGAYEVA
Dosmukhamedov Atyrau Devlet Üniversitesi
Dr. Hacer ARSLAN KALAY
Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Hacer MUTLU DANACI
Akdeniz Üniversitesi
Dr. Hakan CANDAN
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Dr Halil AKMEŞE
Necmettin Erbakan Üniversitesi
Dr. Hasan COŞKUN
Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Dr. Hasan TUTAR
Sakarya Üniversitesi
Dr. Hüseyin ÇETİN
Selçuk Üniversitesi
Dr. İbrahim BOZACI
Kırıkkale Üniversitesi
Dr. İbrahim KILIÇ
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Dr. İlker YAKIN
Mersin Üniversitesi
Dr. İsaevna URKİMBAEVA
Abılay Han Uluslararası İlişkiler Üniversitesi
Dr. İskender ASKEROV

Giresun Üniversitesi

Dr. Kemal EROL

Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Dr. Kenjehan MEDEUBAEVA

Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Kenan İLARSLAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Dr. Keles Nurmaşılı JAYLIBAY

Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Mahabbat OSPANBAEVA

Taraz Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Malik YILMAZ

Atatürk Üniversitesi

Dr. Mavlyanov ABDİGAPPAR

Kırgızistan Elaralık Üniversitesi

Dr. Maira ESİMBOLOVA

Kazakistan Narkhoz Üniversitesi

Dr. Maira MURZAHMEDOVA

Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Dr. Mehmet AVCI

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Dr. Mehmet AKSARAYLI

Dokuz Eylül Üniversitesi

Dr. Mehmet GÜNGÖR

Mersin Üniversitesi

Dr. Mehmet Recep TAŞ

Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Dr. Merina B. VLADIMIROVNA

Vladivostok Devlet Ekonomi Üniversitesi

Dr. Mehmet GÜLLÜ

Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Dr. Metin KOPAR

Adıyaman Üniversitesi

Dr. Miraç EREN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Dr. Mustafa GÜLEÇ

Ankara Üniversitesi

Dr. Mustafa TALAS

Ömer Halisdemir Üniversitesi

Dr. Nadejda HAN

E.A. Buketov Karaganda Devlet Üniversitesi

Dr. Necati DEMİR

Gazi Üniversitesi

Dr. Nihan BİRİNCİOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Dr. Nobuaki TAKEDA

Sapparo City Üniversitesi

Dr. Nuran AKŞİT AŞIK

Balıkesir Üniversitesi

Dr. N.N. KERMANOVA

Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Orhan ELMACI

Dumlupınar Üniversitesi

Dr. Osman Kubilay GÜL

Cumhuriyet Üniversitesi

Dr.Ömer Okan FETTAHLIOĞLU

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr. Ömer UĞUR

Gümüşhane Üniversitesi

Dr. Özlem GÜZEL

Akdeniz Üniversitesi

Dr. Özkan AYDOĞDU

Cumhuriyet Üniversitesi

Dr. Rustem KOZBAGAROV

M. Tınışbayev Kazak Araç ve İletişim Akademisi

Dr. Sarash KONYRBAEVA

Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Selahattin KAYNAK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Dr. Seden DOĞAN

Samsun 19 Mayıs Üniversitesi

Dr. Shigeko KAMISHIMA

Sapparo City Üniversitesi

Dr. Sibel BAYRAM

Düzce Üniversitesi

Dr. Sibel Mehter AYKIN

Akdeniz Üniversitesi

Dr. Suat KOLUKIRIK

Akdeniz Üniversitesi

Dr. Sevcen YILDIZ

Akdeniz Üniversitesi

Dr. Şara MAJITAYEVA

E.A. Buketov Karaganda Devlet Üniversitesi

Dr. Takashi HASUNI

İÇİNDEKİLER	
KONGRE KÜNYESİ	ii
BİLİM KURULU	iii-viii
METİNLER	x-xi

METİNLER

YAZAR VE BİLDİRİ İSİMLERİ	Sayfa No
Rauf AMİROV, Selma GÜLYAZ ÖZYURT	
Yarı Eksende Singüler Shrödinger Denkleminin Çözümlerinin Davranışları	1-6
Yarı Eksende Shrödinger Operatörünün Spektral Özellikleri	7-12
Gözde ÖZDEMİR, Büşra EMİR	
Sağlık Alanında Eğitim Gören Üniversite Öğrencilerinin, Sağlık Okuryazarlık Düzeyi ve İlişkili Faktörlerin Belirlenmesi	13-25
Erkan DUMAN, Furkan AKIN	
VGG16-CNN Parametrelerinin Model Başarısına Etkilerinin Değerlendirilmesi	26-34
Yüz Tanıma Sürecinde Farklı CNN Modellerinin Performans Karşılaştırılması	35-42
Murat GÖK, Murat ESER	
Antimikrobiyal Peptidlerin Makine Öğrenmesi Yöntemler ile Tahmin Edilmesi	43-51
Sedat İLHAN	
Some Results In A Class Of Symmetric Numerical Semigroups	52-56
The Results On A Family Of Telescopic Numerical Semigroups	57-63
Yıldırım İsmail TOSUN	
Emission control with Ca Ferrite pellets for waste combustion in fluidized bed chamber	64-71
Microwave Combustion of Municipal Waste, Manure and Sırnak asphaltite slime pellets in fluidized bed chamber	72-82
Şule GÖKYILDIZ SÜRÜCÜ, Meltem AKBAŞ, Şirin ÇELİKKANAT	
Gebelerde Distres Düzeyinin Belirlenmesi	83-92
Yetişkin Kadınların Sağlık Algısı Ve Sağlık Okuryazarlığı Düzeylerinin Belirlenmesi	93-108
Şükrü AKMEŞE	
Obezite Tedavisinde Yeni Bir Peptid(Hormon): Obestatin	109-125
Hedonik Açlık, Obezite Ve Ghrelin Arasındaki İlişki	126-138

Nilüfer Matur OKUR, Nurettin OKUR	
Karbamazepin Ve Valproik Asit İle Tedavi Edilen Epilepsili Çocuklarda, Serum Lipidleri Ve Karaciğer Fonksiyon Testlerinin İncelenmesi	139-149
Amitriptilin zehirlenmesi nedeniyle yatan olguların değerlendirilmesi	150-154
Gediz UĞUZ, Abdülkadir AYANOĞLU, Erdal KARADURMUŞ	
Laboratuvar Ölçekli Deneysel Çalışmalarda Ölçüm Belirsizliğinin Önemi	155-159
Erdoğan KARİP, Mehtap MURATOĞLU	
Genleştirilmiş Perlit Takviyeli Sentetik Hidroksiapatit Ve Koyun Kemiğinden Elde Edilen Doğal Hidroksiapatit Biyoseramik Kompozitlerin Hibrit Bioseramik Kompozitlerin Karakterizasyonu	160-170
Faraz AFSHARİ, Bayram ŞAHİN, Alessia ARTECONİ, Fabio POLONARA, Giovanni Di NİCOLA	170-182
A Literature Review on Energy and Exergy Aspects of Heat Pumps	183-225
Ezgi GÜNAY, Umut DOĞAN	
Traktör Kabin Numunesi Eğilme Testlerinin Sonlu Elemanlar Metodu Ve Deneysel Çalışmalarla Modellenerek Yapılması	226-243
Tahir ATEŞ	
Metruk Alana Dönüşmüş Kızıltepe Şahkulubey Kümbetinin Restorasyonu Ve Mardin Tarih, Kültür ve Turizmine Yeniden Kazandırılması İçin Bir Öneri	244-250
Kızıltepe Şahkulubey Kümbetinin Rölöve Ve Restorasyon Çalışması	251-258
Yunus Levent EKİNCİ, Aydın BÜYÜKSARAÇ, Özcan BEKTAŞ, Rezzan EKİNCİ, Ercan IŞIK	
Bir Yanardağın Anatomizi: Nemrut Volkanı, Bitlis	259-265
Mardin Ve Civarının Depremselliği	266-272
Mehtap MURATOĞLU, Tuğçe Özcan, Selin Baydemir ,Büşra Önce1	
Genleştirilmiş Perlit, P₂O₅, MgO ve ZrO₂ Takviyesi ile Elde Edilen Doğal ve Sentetik Hidroksiapatit Kompozitlerin İncelenmesi	273-295
Toz Metalürjisi Yöntemi ile Farklı Takviyeler Kullanarak Hibrit Alüminyum Köpük Üretimi	296-308
Suleyman ADAK, Hasan CANGİ	
Güç Sistemlerinde Harmonik Rezonansın Analizi Ve Modellenmesi	309-321
Tarihi Mardin Yapılarında Dış Cephe Aydınlatması	322-334

YARI EKSENDE SİNGÜLER SHRÖDİNGER DENKLEMİN ÇÖZÜMLERİNİN DAVRANIŞLARI

Prof. Dr. Rauf AMİROV

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi

Doç. Dr. Selma GÜLYAZ ÖZYURT

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi

1. Giriş

Sürekli veya toplanabilir katsayılı lineer diferansiyel denklemler teorisinin önemli problemlerinden birisi uygun integral denklemlerin yardımıyla verilen diferansiyel denklemin daha geniş fonksiyonlar sınıfında çözümünün varlığını ispatlamaktır. Bu yöntem regüler diferansiyel denklemler için olduğu gibi singüler diferansiyel denklemlere de uygulanabilir. Son zamanlarda uygulamalı bilimlerde ortaya çıkan önemli problemlerin çözümü singüler diferansiyel denklemler için konulan çeşitli problemlere indirgendiği bu tip problemlerin çözümüne integral denklemleri yöntemlerin uygulanması ciddi sonuçların elde edilebilmesi için önem taşımaktadır. Sunulan çalışmada yarı eksen de singüler Shrödinger diferansiyel denklemi için konulan çeşitli problemlerin çözümleri için farklı değişkenlere göre davranışları öğrenilecektir.

$(a,b) \in \mathbb{R}$ aralığında $\ell(y) \equiv -y'' + q(x)y$ diferansiyel ifadenin ürettiği klasik Sturm-Liouville operatörleri teorisinde genelde $q(x) \in L1, loc(a,b)$ koşulunun, yani $q(x)$ fonksiyonunun (a,b) aralığının herbir kompakt alt aralığında toplanabilir olduğu varsayılmaktadır. Singüler Sturm-Liouville operatörleri ise bu operatörlerle ilgili klasik teoride $q(x)$ fonksiyonun $[a,b]$ aralığında toplanabilir olmadığı veya (a,b) aralığının sonsuz aralık olduğu varsayımlarıyla birlikte karakterize edilmektedir.

Diferansiyel operatörlerin spektral teorisi uygulamalı bilimlerde önemli bir yere sahip olduğu gibi matematik, fizik ve mekaniğin çeşitli alanlarında da geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle kuantum teorisinde singüler Shrödinger operatörünün birçok uygulamaları vardır. Örneğin, hidrojen atomu ve benzeri atoma sahip yapıların enerji seviyeleri, bu seviyelere karşılık gelen dalga fonksiyonların bulunması problemlerin Coulomb ve benzeri potansiyelli singüler Shrödinger operatörünün özdeğerlerinin ve bu özdeğerlere karşılık gelen özfonksiyonların davranışlarının öğrenilmesi problemine indirgenmektedir.

Bu yüzden de sunulan çalışmamızda özel tipte potansiyele sahip singüler Shrödinger operatörünün özellikleri incelenecektir.

$\sigma(x) \equiv \int_0^x q(t)dt \in BV[0, +\infty)$ olmak üzere, $[0, +\infty)$ aralığında

$\ell(y) \equiv -y'' + q(x)y = \lambda y$, $\lambda = k^2$ (1) diferansiyel denklemi ve $y(0) = 0$ koşulunun ürettiği operatörü $L(q)$ ile gösterelim. Bilindiği gibi, $q(x)$ fonksiyonu $[0, +\infty)$ aralığında gerçel değerli olup, Lebesgue anlamında integrallenebilir ise bu operatörün spektrumunu öğrenilmiş ve saçılma teorisinin ters problemi incelenmiştir.

Bu çalışmada $q(x)$ fonksiyonu regülerlik mertebesi negatif indekse sahip Sobolev uzayına ait olan dağılım fonksiyonları sınıfının bir alt uzayını oluşturan, yani $\sigma(x) \equiv \int_0^x q(t)dt \in BV_c[0, +\infty)$ koşulunu sağlayan fonksiyonlar sınıfında $[0, +\infty)$ aralığında $\ell(y) \equiv -y'' + q(x)y$ diferansiyel ifadenin ürettiği singüler Shrödinger operatörünün önemli özellikleri incelenecektir. Burada, $BV_c[0, +\infty)$ ile $[0, +\infty)$ aralığında sınırlı salınımlı ve süreksizlik noktalarında sağdan sürekli fonksiyonlar kümesi gösterilmiştir.

2. Temel sonuçlar

$$y(x) = c_1 + c_2 x - \int_0^x (x-t)y(t)d(k^2 t + \sigma(t)) \quad (2)$$

integral denklemini ele alalım.

Teorem 2.1: $\sigma(x)$ fonksiyonu $[0, +\infty)$ aralığında sağdan sürekli ve sınırlı sanımlı olsun. Bu durumda her fiks edilmiş $k \neq 0$ için (2) denkleminin

$$y_1(x) \sim e^{ikx}, y_1'(x) \sim ike^{ikx}, x \rightarrow \infty \quad (3)$$

$$y_2(x) \sim e^{-ikx}, y_2'(x) \sim -ike^{ikx}, x \rightarrow \infty \quad (4)$$

koşullarını sağlayan $y_1(x)$ ve $y_2(x)$ çözümleri vardır.

İspat: Bunun için

$$y(x, k) = y(0, k) \cos kx + y'(0, k) \sin kx - \int_0^x \sin k(x-t) k y(t, k) d\sigma(t) \quad (5)$$

integral denklemini ele alalım. [Atkinson] çalışmasında ispatlanan Teorem 11.4.1 den yararlanarak kolayca gösterebiliriz ki,

$$y(x) = c_1 + c_2 x - \int_0^x (x-t)y(t)d(k^2 t + \sigma(t)) \quad (6)$$

integral denklemi (5) integral denklemine denktir. $\sigma(x)$ fonksiyonu diferansiyellenebilir bir fonksiyon ise (5) integral denkleminin (1) diferansiyel denklemine denk olduğu genel teoriden bilinmektedir. Ayrıca, (6) integral denklemi (1) diferansiyel denklemine denk olduğundan teoremin koşullarını sağlayan $\sigma(x)$ fonksiyonu için de (5) integral denklemi (1) diferansiyel denklemine denktir.

$z(x, \lambda) = e^{ik\pi y(x, \lambda)}$ (7) fonksiyonu için gerekli işlemlerden sonra (3) integral denklemi

$z(x, k) = 12y(0, k)(e^{2ikx} + 1) + y'(0, k)e^{2ikx} - 12ik \int_0^x e^{2ik(x-t)} - 12ikz(t, k) d\sigma(t) x_0$ (8) şeklinde yazılır.

$p(x, k) = e^{-ikx}(y' +iky)$, $q(x, k) = e^{-ikx}(y' -iky)$ (9)

fonksiyonlarını oluşturalım. $k \neq 0$ için

$y(x, k) = pe^{ikx} - qe^{-ikx}$, $y'(x, k) = pe^{ikx} + qe^{-ikx}$ (10)

olur. Buradan da $p(x, k)$ ve $q(x, k)$ fonksiyonları için $0 \leq a < x$ olmak üzere

$p(x, k) - p(0, k) = - \int_0^x e^{-ikt} z(t, k) d\sigma(t) = -12ikx_0 \int_0^x [p(t, k) - q(t, k)e^{-2ikt}] d\sigma(t) x_0$ (11)

$q(x, k) - q(0, k) = - \int_0^x e^{ikt} z(t, k) d\sigma(t) = -12ikx_0 \int_0^x [p(t, k)e^{2ikt} - q(t, k)] d\sigma(t) x_0$ (12)

integral denklemleri elde edilir. (11) ve (12) denklemlerinden

$e^{2ikx} p(x, k) - q(x, k) = e^{2ikx} p(0, k) - q(0, k) - \int_0^x [e^{2ik(x-t)} - 1] z(t, k) d\sigma(t) x_0$

eşitliği elde edilir. Son eşitliğin her iki tarafı $2ik$ ile bölünür ve

$z(x, k) = p(x, k)e^{2ikx} - q(x, k)2ki$, $p(0, k) = y'(0, k) +iky(0, k)$, $q(0, k) = y'(0, k) -iky(0, k)$ olduğunu göz

önünde bulundurulursa (8) integral denklemi elde edilir.

$k = \xi + i\eta$, $\eta \geq 0$, $k \neq 0$ ve $x \geq 0$ iken $|e^{2ikx}| \leq 1$ olduğundan (8) eşitliğinden

$|z(x, k)| \leq |y(0, k)| + |y'(0, k)| |k| + 1 |k| \int_0^x |z(t, k)| d\sigma(t) x_0$ (13)

bulunur. Son eşitsizlikten Gronwall teoremi gereğince

$|z(x, k)| \leq \{ |y(0, k)| + 1 |k| |y'(0, k)| \} \exp \{ 1 |k| \int_0^x d\sigma(t) \} x_0$ (14)

eşitsizliği elde edilir. Buradan da, (14) eşitsizliğin sağ tarafında $x \rightarrow \infty$ iken limite geçilirse

$|e^{ikxy}(x, k)| \leq \{ |y(0, k)| + 1 |k| |y'(0, k)| \} \exp \{ 1 |k| \int_0^\infty d\sigma(t) \} x_0$ (15)

olur. Diğer taraftan (12) ifadesinden yararlanırsak, $q(x, k) = q(0, k) - \int_0^x z(t, k) d\sigma(t) x_0$

elde edilir. Buradan da, $|q(x, k)| \leq |q(0, k)| + \sup_{0 \leq t < \infty} |z(t, k)| \int_0^\infty d\sigma(t) x_0$

eşitsizliği gereği $q(x, k)$ fonksiyonun $x \rightarrow \infty$ iken limitin varlığı ve onun sınırlı salınımlı olduğu çıkar.

Dolayısıyla $\text{Im} k \geq 0$ iken $q(\infty)$ değeri mevcuttur. Benzer şekilde $p(x, k) = p(0, k) - \int_0^x e^{-2ikt} z(t, k) d\sigma(t) x_0$

eşitliğinden yararlanarak $\text{Im} k > 0$ iken $p(x, k) = o(e^{-2ikx})$, $x \rightarrow \infty$ olduğu gösterilir. Buradan da, $\text{Im} k > 0$

iken $\lim_{n \rightarrow \infty} p(x, k) e^{2ikx} = 0$

olduğundan (10) eşitliklerden

$y(x, k) = -12ikq(\infty)e^{-ikx} + o(e^{-ikx})$ (16)

$y'(x, k) = 12q(\infty)e^{-ikx} + o(e^{-ikx})$ (17)

şeklinde davranışlar elde edilir. $q(\infty) \neq 0$ olduğu durumda verilen denklemin (4) tipinde çözümlerin varlığı ispatlanmış olur.

Şimdi ise gösterelim ki, $y_1(x, k)$ ve $y_2(x, k)$ çözümlerinden en az birisi için $q(\infty) \neq 0$. (15) eşitsizliğinde $y(0, k) = 0$ alırsak, (10) eşitlikleri gereği $y'(0, k) = q(0, k)$ olduğundan

$$|e^{ikxy}(x, k)| \leq |q(0, k)| |1|k| \exp\{1|k| \int |d\sigma(t)|x0\}$$

olur. Bu durumda

$$1|k| \int |d\sigma(t)|x0 \exp\{1|k| \int |d\sigma(t)|x0\} < 12 \quad (18)$$

koşulu sağlanırsa, (12) eşitliğinden

$$\begin{aligned} |q(x, k) - q(0, k)| &\leq |e^{ikxy}(x, k)| \int |d\sigma(t)|x0 \leq \\ &\leq |q(0, k)| |1|k| \exp\{1|k| \int |d\sigma(t)|x0\} \int |d\sigma(t)|x0 \leq 12|q(0, k)| \end{aligned}$$

olduğu elde edilir. Dolayısıyla $\lim_{x \rightarrow \infty} q(x) \neq 0$ olduğu çıkar. Benzer şekilde (3) tipinde çözümlerin de varlığı ispatlanır. Böylece, gösterildi ki, (5) integral denklemin çözümü vardır.

Teorem 2.2. $\sigma(x)$ fonksiyonu $[0, \infty)$ aralığında sağdan sürekli ve sınırlı salınımlı olmak üzere her gerçel k için denkleminin $x \rightarrow 0$ iken $-y'' + q(x)y = \lambda y$, $\lambda = k^2$ (19)

$$\omega(x, k; +\infty) = x(1 + o(1)), \quad \omega'(x, k; +\infty) = 1 + o(1) \quad (20)$$

koşullarını sağlayan $\omega(k, x; +\infty)$ çözümü vardır. Bu çözüm k 'nın tam fonksiyonu olup $\text{Im} k \geq 0$ için

$$|(\omega(x, k; +\infty) - \sin kx) e^{ikx}| \leq \left[\int |t| d\sigma(t) \right]_{\infty}^0 - \left[\int |t| d\sigma(t) \right]_{\infty}^0 |k| - 1 \Big] e^{\left[\int |t| d\sigma(t) \right]_{\infty}^0}$$

eşitsizliğini sağlamaktadır.

İspat. $v(x) = \int |d\sigma(t)|x0$ olsun. Teorem 2.2. gösterdi ki, eğer $x \rightarrow 0$ iken $\omega(x, k; +\infty) = O(x)$ koşulunu sağlayan $\omega(x, k; +\infty)$ fonksiyonu

$$\omega(x, k; +\infty) = \sin kx k + \int \sin k(x-t) k \omega(t, k; +\infty) x0 d\sigma(t) \quad (21)$$

integral denkleminin çözümü ise (19) denkleminin de çözümüdür.

$\text{Im} k \geq 0$ için (21) integral denkleminin çözümünü $\omega(x, k; +\infty) = x e^{-i\lambda x} z(x, k)$ şeklinde arayalım. Bu durumda $z(x, \lambda)$ fonksiyonu için

$$z(x, k) = \sin kx k x e^{ikx} + \int \sin k(x-t) k t e^{ik(t-x)} t z(t, k) x0 d\sigma(t) \quad (22)$$

$$\text{elde edilir. } z_0(x, k) = \sin kx k x e^{ikx} \quad z_i(x, k) = \int \sin k(x-t) k t e^{ik(t-x)} t z_{i-1}(t, k) x0 d\sigma(t), \quad i = 1, 2, \dots$$

olmak üzere (21) integral denkleminin çözümünü ardışık yaklaşımlar yardımıyla

$$z(x, k) = \sum z_i(x, k) \quad i = 0 \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \text{biçiminde} \quad \text{arayalım.} \quad \text{Im} k \geq 0, \quad 0 \leq t < x \quad \text{iken} \quad |\sin kx k x e^{ikx}| &= |1x| e^{2ik\xi} d\xi x0 \leq 1 \\ |\sin k(x-t) k x e^{ik(x-t)}| &\leq 1 - tx \leq 1 \end{aligned}$$

olduğundan (23) serisi $\xi_0(x) = 1$, $\xi_k(x) = \left[\int t \xi_{k-1}(t) |d\sigma(t)|x0, (k = 1, 2, \dots) \right]$ olmak üzere $\sum \xi_k(x) \quad \infty k = 0$ serisi ile mojarantlanabilir. Bu durumda, eğer $v(x) = \int |d\sigma(t)|x0$ fonksiyonu sürekli ise

$$0 \leq \xi k(x) = \int_0^x t \xi k-1(t) |d\sigma(t)| x_0 = 1(k-1)! \int_0^x \{ \int_0^t \tau t_0 |d\sigma(\tau)| \} k-1 |d\sigma(t)| x_0 \\ = 1(k-1)! \int_0^x \{ \int_0^t \tau t_0 |d\sigma(\tau)| \} k-1 d(\int_0^t t_0 |d\sigma(\tau)|) x_0 = 1k! (\int_0^x t x_0 |d\sigma(t)|) k$$

olur. Genel durumda $\xi k-1(t)$ ve $t |d\sigma(t)|$ fonksiyonları aynı süreksizlik noktalarına sahip iken yukarıdaki işlemler geçerli değildir. Bu durumda benzer sonucu elde etmek için $(0, x)$ aralığının $0 = x_0 < x_1 < \dots < x_n = x$ bölüntüsünü ele alırsak $\int_0^x t \xi k-1(t) |d\sigma(t)| x_0$ integralinin yerine onun integral toplamını değerlendirebilirsek

$$\sum \xi k-1(t_i) t_i |\sigma(t_{i+1}) - \sigma(t_i)| \leq n-1 i=0 \sum 1(k-1)! (\int_0^{t_i} \tau t_0 |d\sigma(\tau)|) k-1 t_i |\sigma(t_{i+1}) - \sigma(t_i)| = n-1 i=0 \\ = \sum 1(k-1)! (\int_0^{t_i} \tau t_0 |d\sigma(\tau)|) k-1 t_i (\int_{t_i}^{t_{i+1}} d\sigma(\tau) t_i + 1 t_i) \leq n-1 i=0 \\ \leq \sum 1(k-1)! (\int_0^{t_i} \tau t_0 |d\sigma(\tau)|) k-1 t_i \int_{t_i}^{t_{i+1}} |d\sigma(\tau)| t_i + 1 t_i \leq n-1 i=0 \\ \leq \sum 1(k-1)! (\int_0^{t_i} \tau t_0 |d\sigma(\tau)|) k-1 \int_{t_i}^{t_{i+1}} \tau |d\sigma(\tau)| t_i + 1 t_i = n-1 i=0 \\ = \sum 1(k-1)! (\int_0^{t_i} \tau t_0 |d\sigma(\tau)|) k-1 (\int_{t_i}^{t_{i+1}} \tau |d\sigma(\tau)| t_i + 1 0 - \int_{t_i}^{t_{i+1}} \tau |d\sigma(\tau)| t_i 0) = n-1 i=0 \\ = \lim_{\lambda \rightarrow 0} 1(k-1)! (\int_0^x \tau t_0 |d\sigma(\tau)|) k-1 d(\int_0^x t_0 |d\sigma(\tau)|) x_0 = 1k! (\int_0^x t x_0 |d\sigma(t)|) k$$

elde edilir. Burada $\lambda = \max_i(t_{i+1} - t_i)$ dir. Serisinin $[0, \infty)$ aralığının her bir $[0, a]$ ($a < \infty$) sonlu alt aralığında düzgün yakınsaklığını ve $\text{Im} k \geq 0$ iken bu serinin toplamı olan $z(x, k)$ fonksiyonun

$|z(x, k)| \leq \exp \{ \int_0^x t x_0 |d\sigma(t)| \}$ (24) eşitsizliğini sağladığını, $\text{Im} k > 0$ iken k 'nın analitik fonksiyonu olduğu ve $\text{Im} k \geq 0$ kapalı yarı düzleminde sürekli olduğunu elde ederiz. Buradan da, $\omega(x, k; +\infty) = x z(k, x) e^{-ikx}$ fonksiyonunun (21) integral denklemini ve

$$|\omega(x, k; +\infty) e^{ikx}| \leq x \exp \{ \int_0^x t x_0 |d\sigma(t)| \} \quad (25)$$

eşitsizliğini sağladığını elde ederiz. Ayrıca, $\omega(x, k; +\infty)$ fonksiyonu $\text{Im} k > 0$ iken k 'nın analitik fonksiyonu olduğu ve $\text{Im} k \geq 0$ kapalı yarı düzleminde sürekli olduğunu elde ederiz. Benzer şekilde, $\text{Im} k \leq 0$ iken (21) integral denklemin çözümünün varlığı $\omega(x, k; +\infty)$ çözümünün k 'ya göre $\text{Im} k < 0$ yarı düzleminde regüler olduğu ve $\text{Im} k \leq 0$ iken sürekli olduğu ispatlanabilir. O yüzden de $\omega(x, k; +\infty)$ fonksiyonu (19) diferansiyel denkleminin $\omega(0, k; +\infty) = 0$ koşulunu sağlayan çözümü olur ve ayrıca k 'nın tam fonksiyondur.

$$\text{Benzer işlemler kullanılarak } |\omega(x, k; +\infty) - \sin kx| \leq x \int_0^x t x_0 |d\sigma(t)| \exp \{ |\text{Im} kx| + \int_0^x t x_0 |d\sigma(t)| \}$$

$$\text{ve } |\omega'(x, k; +\infty) - \cos kx| \leq x \int_0^x t x_0 |d\sigma(t)| \exp \{ |\text{Im} kx| + \int_0^x t x_0 |d\sigma(t)| \}$$

eşitsizlikleri elde edilir.

Dolayısıyla, $\omega(x, k; +\infty)$ fonksiyonu (20) koşullarını sağlamaktadır. Yeniden (21) integral denklemi ve (25) eşitsizliği kullanırsak, $\text{Im}k \geq 0$ iken

$$|(k\omega(x, k; +\infty) - \sin kx)eikx| \leq |\sin k(x-t)x_0 eik(x-t)z(t, k)| d\sigma(t) \leq \\ \leq \int tx_0 |d\sigma(t)| \exp \left\{ \int \xi t_0 |d\sigma(\xi)| \right\} = \exp \left\{ \int tx_0 |d\sigma(t)| \right\} - 1$$

olduğu ve buradan da özel durum olarak

$$|(k\omega(x, k; +\infty) - \sin kx)eikx| \leq \int tx_0 |d\sigma(t)| \exp \left\{ \int t |d\sigma(t)| x_0 \right\} \quad (26)$$

ve

$$|k\omega(x, k; +\infty)| \leq \exp \left\{ \int t |d\sigma(t)| x_0 \right\} \quad (27)$$

eşitsizlikleri elde edilir.

$\text{Im}k \geq 0$ ve $|k| - 1 < x$ olduğunu varsayalım. O halde (21), (25) ve (27) gereği

$$|(k\omega(x, k; +\infty) - \sin kx)eikx| \leq |\sin k(x-t)x_0 eik(x-t)\omega(t, k; +\infty)| d\sigma(t) \leq \\ \leq \left\{ \int t |k| - 1 |d\sigma(t)| + |k| - 1 \int |d\sigma(t)| x |k| - 1 \right\} \exp \left\{ \int tx_0 |d\sigma(t)| \right\} = \\ = \left\{ -|k| - 1 \int |d\sigma(t)|_\infty |k| - 1 + \int t |d\sigma(t)|_\infty |k| - 1 + |k| - 1 \left[\int |d\sigma(t)|_\infty |k| - 1 - \int |d\sigma(t)|_\infty x \right] \right\} \exp \left\{ \int tx_0 |d\sigma(t)| \right\} \leq \\ \leq \left[\int t |d\sigma(t)|_\infty 0 - \int t |d\sigma(t)|_\infty |k| - 1 \right] \exp \left\{ \int tx_0 |d\sigma(t)| \right\}$$

olduğunu alırız. Benzer şekilde $|k| - 1 \geq x$ durumunda da yukarıdaki eşitsizliğin geçerli olduğu ispatlanır. Böylece teorem ispatlanmış olur.

Anahtar Kelimeler: singüler Shrödinger operatörü, özdeğer, özfonksiyon, Sobolev uzayı.

Kaynaklar

- [1] Atkinson F.V., Discrete and continuous boundary problems, New York, Academic Press, 1964.
- [2] Marchenko V.A., Sturm-Liouville operators and application, AMS, Revised Edition, 1977.

YARI EKSENDE SHRÖDİNGER OPERATÖRÜNÜN SPEKTRAL ÖZELLİKLERİ

Prof. Dr. Rauf AMİROV

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi

Doç. Dr. Selma GÜLYAZ ÖZYURT

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi

1. Giriş

Lineer operatörler teorisinin önemli konularından birisi spektral özelliklerinin öğrenilmesidir. Lineer operatörlerin spektral teorisi fonksiyonel analizde olduğu kadar uygulamalı bilimlerde ortaya çıkan problemlerin çözümü açısından bu bilim dallarında da önemli bir yere sahiptir. Özellikle, Kuantum teorisinde ortaya çıkan saçılma teorisinin problemlerinin çözümü için problemin yapısına bağlı olarak regüler veya singüler Shrödinger operatörü için konulan ters problemin çözümüne indirgenmektedir. Bunun içinde Shrödinger operatörünün spektral özelliklerinin öğrenilmesi önem kazanmaktadır.

Sunulan çalışmada $\sigma(x) \equiv \int_0^x q(t)dt \in BV[0, +\infty)$ olmak üzere,

$$\ell(y) \equiv -y'' + q(x)y = \lambda y \quad (1)$$

diferansiyel denklemi ve

$$y(0) = 0 \quad (2)$$

koşulunun ürettiği singüler Shrödinger operatörünün spektral özellikleri incelenecektir. [1] çalışmasında gerçel değerli $q(x)$ fonksiyonunun $[0,1]$ sonlu aralığında toplanabilir iken (1) denkleminin (2) koşulunu sağlayan çözümünün aranması problemi ile ortaya çıkan operatörün özdeğerleri ve özfonksiyonları için $n \rightarrow \infty$ iken

$$\begin{aligned} \lambda_n &= \lambda_{n,m}(q) + Q_{n,m} \\ S_n &= S_{n,m}(q) + \psi_{n,m} \\ y_n(x) &= y_{n,m}(q, x) + \Delta y_{n,m}(x) \end{aligned} \quad (3)$$

Şeklinde davranışlar elde edilmiştir.

Daha sonra [2] çalışmasında $\sigma(x) = \int_0^x q(t)dt$ durumunda (1)-(2) problemine denk olan

$$y(x, \lambda) = x - \int_0^1 \vartheta(x-t)y(t, \lambda)d(\lambda t + \sigma(t)) \quad (4)$$

integral denkleminin ürettiği operatörün özellikleri öğrenilmiştir. Burada $\vartheta(\xi) = \max\{0, \xi\}$. Sunulan çalışmada öncelikle [2] çalışmasından farklı olarak $[0, +\infty)$ aralığında sınırlı salınımlı ve süreksizlik noktalarında sağdan süreklilik özelliğine sahip $\sigma(x)$ fonksiyonu yardımıyla (1)-(2) problemine denk olan

$$y(x, \lambda) = x - \int_0^\infty \vartheta(x-t)y(t, \lambda)d(\lambda t + \sigma(t))$$

lineer integral denkleminin özellikleri öğrenilecek ve daha sonra (1)-(2) problemin ürettiği operatörün spektral özellikleri incelenecektir. Spektrumun yapısına bağlı olarak ise ters saçılma probleminin

çözümü verilecektir.

2. Temel Bilgiler

$$z(x) = x - \int_0^{\infty} v(x-t)z(t)d(\lambda t + \sigma(t)), \quad x \in [0, +\infty) \quad (5)$$

integral denkleminin

$$z(0) = 0 \quad (6)$$

başlangıç koşulunu sağlayan çözümünün aranması problemini ele alalım. $q(x)$ fonksiyonu $[0, +\infty)$ aralığında sürekli ve $\sigma(x) = \int_0^x q(t)dt$ ise (5)-(6) probleminin her bir özdeğeri, verilen (1)-(2) probleminin de özdeğeridir ve özfonksiyonları $C^2[0, +\infty)$ sınıfından olup $z'(0) = 1$ koşulunu sağlamaktadır. Tersine, $y(x, \lambda)$ fonksiyonu (1)-(2) probleminin λ özdeğerine karşılık gelen $C^2[0, +\infty)$ sınıfına ait ve $y'(0) = 1$ koşulunu sağlayan özfonksiyonu ise $y(x, \lambda)$ fonksiyonu (5)-(6) probleminin de özfonksiyonudur.

Tanım1. $f: [a, +\infty)$ (a sonlu gerçel sayı) fonksiyonu verilsin ve $f(\infty)$ değeri formal olarak tanımlı olsun. $[a, +\infty)$ aralığının her bir $P = \{a = \xi_0 < \xi_1 < \dots < \xi_k < \xi_{k+1} < \dots < \xi_n = +\infty\}$ bölüntüsü için

$$\sup_{P \in \mathcal{P}} \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} |f(\xi_{k+1}) - f(\xi_k)| \right\}$$

sayısına $f(x)$ fonksiyonunun $[a, +\infty)$ aralığındaki tam salınımı denir ve $V_a^{+\infty}(f)$ olarak gösterilir. Bu durumda

$$\sup_{P \in \mathcal{P}} \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} |f(\xi_{k+1}) - f(\xi_k)| \right\} = V_a^{+\infty}(f)$$

olur. $V_a^{+\infty}(f) < +\infty$ ise $f(x)$ fonksiyonu $[a, +\infty)$ aralığında sınırlı salınımlıdır denir.

Eğer $f(\infty) = \lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)$ olarak tanımlanırsa $[a, +\infty)$ aralığında sınırlı salınımlı fonksiyonlar sınıfını daraltmış oluruz, öyleki, bu durumda $f(x)$ fonksiyonunun $x = \infty$ noktasındaki salınımını göz önünde bulundurmamış oluruz ve bu da $f(x)$ fonksiyonun $[a, +\infty)$ aralığı üzerindeki integrallerine integral dışı terimlerin eklenmesini gerektirecektir. Her bir sınırlı salınımlı $\sigma \in BV[0, +\infty)$ fonksiyonu $[0, +\infty)$ aralığında en fazla sayılabilir sayıda $x_i \in (0, +\infty)$ $i \in I$, süreksizlik noktalarına sahip olup, bu noktalarda sonlu $\sigma(x_i + 0), \sigma(x_i - 0)$, sırasıyla, sağ ve sol limitleri vardır ve $c_i \equiv \sigma(x_i + 0) - \sigma(x_i - 0)$ değerleri tanımlıdır. $\sigma(x)$ fonksiyonu $[0, +\infty)$ aralığında sınırlı salınımlı olduğundan $\sum_{i \in I} |c_i|$ seriside yakınsaktır.

Lemma2.1. $f(x)$ fonksiyonu $[a, +\infty)$ aralığında tanımlı ve her $[a, t]$ ($t > a$) aralığında sınırlı salınımına sahip olsun. Bu durumda $\lim_{t \rightarrow +\infty} V_a^t(f)$ limiti mevcut ise $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)$ limiti de mevcuttur.

İspat. $F(t) = V_a^t(f)$ olsun. $\lim_{t \rightarrow +\infty} F(t)$ limiti mevcut olduğundan limitin varlığı ile ilgili Cauchy kriteri gereği her $\varepsilon > 0$ için en az bir $t_0 \in [a, +\infty)$ vardır, öyle ki, $t_2 > t_1 > t_0$ koşulunu sağlayan her t_1, t_2 için $|F(t_2) - F(t_1)| < \varepsilon$ veya $|V_a^{t_2}(f) - V_a^{t_1}(f)| < \varepsilon$ olur. $V_a^{t_2}(f) - V_a^{t_1}(f) = V_{t_1}^{t_2}(f)$ olduğundan $V_{t_1}^{t_2}(f) < \varepsilon$ elde edilir. Bu durumda $|f(t_2) - f(t_1)| < V_{t_1}^{t_2}(f)$ eşitsizliğinden alırız ki, her $\varepsilon > 0$ için en az bir $t_0 \in [a, +\infty)$ vardır, öyle ki, $t_2 > t_1 > t_0$ koşulunu sağlayan her $t_1, t_2 \in [a, +\infty)$ için $|f(t_2) - f(t_1)| < \varepsilon$ olur. Dolayısıyla, $f(x)$ fonksiyonu için Cauchy kriteri sağlanır. O halde $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)$ limiti vardır. Böylece, $\lim_{t \rightarrow +\infty} V_a^t(f)$ limiti mevcut ise $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)$ limitinin de varlığını elde ederiz.

Not. Yukarıda ispatladığımız önermenin tersi genelde doğru değildir. Yani $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)$ limiti mevcut iken $\lim_{t \rightarrow \infty} V_a^t(f)$ limiti mevcut olmayabilir. Örneğin, $[\pi, +\infty)$ aralığında tanımlı $f(x) = \frac{\sin x}{x}$ fonksiyonunu alalım. Bu durumda

$$\begin{aligned} V_{\pi}^{n\pi}(f) &\geq \left| f\left(\frac{3\pi}{2}\right) - f(\pi) \right| + \left| f(2\pi) - f\left(\frac{3\pi}{2}\right) \right| + \dots + \left| f(n\pi) - f\left(n\pi - \frac{\pi}{2}\right) \right| = \\ &= \frac{4}{\pi} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{2n-1} \right) = \frac{4}{\pi} \sum_{k=2}^n \frac{1}{2k-1} \end{aligned}$$

olur. $\sum_{k=2}^{\infty} \frac{1}{2k-1}$ serisi ıraksak olduğundan alırız ki $\lim_{n \rightarrow \infty} V_{\pi}^{n\pi}(f) = +\infty$. Fakat, $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\sin x}{x} = 0$ limiti mevcuttur.

Sonuç. $\sigma(x) = \int_0^x q(t)dt \in BV[0, +\infty)$ ise $|\sigma(x)| \in BV[0, +\infty)$ olur. Bu durumda $[0, +\infty)$ aralığında $F(t) = V_0^t(|\sigma|)$ fonksiyonunu tanımlarsak $\lim_{t \rightarrow +\infty} V_0^t(|\sigma|)$ limitinin varlığı açıktır. Buradan da Lemma2.1. gereği $\lim_{x \rightarrow +\infty} |\sigma(x)|$ limitinin varlığını elde ederiz. Yani $\lim_{x \rightarrow +\infty} \left| \int_0^x q(t)dt \right|$ limiti vardır. O halde $\left| \int_0^{+\infty} q(t)dt \right| < +\infty$ olur.

3. A_g İntegral Operatörünün Özellikleri

$[0, +\infty)$ aralığında tanımlı her bir gerçel değerli $\varphi(x)$ fonksiyonu için

$$lip(\varphi) \equiv \sup_{0 \leq x_1 < x_2 < +\infty} \left\{ \frac{|\varphi(x_2) - \varphi(x_1)|}{x_2 - x_1} \right\}$$

büyükliğini tanımlayalım.

Eğer $L = lip(\varphi) < +\infty$ ise $\varphi(x)$ fonksiyonu $[0, +\infty)$ aralığında L sabitli Lipshitz koşulunu sağlamaktadır.

Ayrıca, $L = lip(\varphi) < +\infty$ ise $\varphi \in BV[0, +\infty)$ olur, fakat bunun tersi genelde doğru değildir, yani, $\varphi \in BV[0, +\infty)$ ise $L < +\infty$ olmayabilir.

Herhangi $g \in BV[0, +\infty)$ fonksiyonunu alalım ve $\varphi(x) \in C[0, +\infty)$ olmak üzere

$$(A_g\varphi)(x) \equiv \int_0^{\infty} v(x-t)\varphi(t)dg(t) \quad (7)$$

lineer integral operatörünü tanımlayalım. Burada, $v(\xi) = \max\{0, \xi\}$.

Teorem3.1. Her $g \in BV[0, +\infty)$ ve her $\varphi \in C[0, +\infty)$ fonksiyonları için

$$lip(A_g\varphi) \leq \|g\|_v \|\varphi\|_c \quad (8)$$

eşitsizliği geçerlidir. Burada, $\|\cdot\|_v - BV[0, +\infty)$ uzayının, $\|\cdot\|_c$ ise $C[0, +\infty)$ uzayının normunu göstermektedir.

İspat. $0 \leq x_1 < x_2 < +\infty$ olacak şekilde $x_1, x_2 \in [0, +\infty)$ alırsak,

$$(A_g\varphi)(x_2) - (A_g\varphi)(x_1) = \int_0^{\infty} [v(x_2-t) - v(x_1-t)]\varphi(t)dg(t)$$

olur. $lip(v) \leq 1$ olduğundan Stiltjes integralinin özelliği gereği

$$\begin{aligned} |(A_g\varphi)(x_2) - (A_g\varphi)(x_1)| &\leq \left| \int_0^{\infty} [v(x_2-t) - v(x_1-t)]\varphi(t)dg(t) \right| \leq \\ &\leq (x_2 - x_1) \|\varphi\|_c \|g\|_v \end{aligned}$$

eşitsizliğinden

$$\sup_{0 \leq x_1 < x_2 < +\infty} \frac{|(A_g\varphi)(x_2) - (A_g\varphi)(x_1)|}{(x_2 - x_1)} \leq \|\varphi\|_c \|g\|_v$$

veya

$$lip(A_g\varphi) \leq \|g\|_v \|\varphi\|_c$$

olduğu elde edilir. Böylece, teoremi ispatlamış olduk.

Her $\varphi \in C[0, +\infty)$ fonksiyonu için (7) eşitsizliğine göre $(A_g\varphi)(0) = 0$ olduğundan (8) eşitsizliği gereğince aşağıdaki sonucu elde ederiz.

Sonuç. Her $\varphi \in C[0, +\infty)$ fonksiyonu için göre $(A_g\varphi)(x) \in BV[0, +\infty)$ olur. Gerçekten de

her $\varphi \in C[0, +\infty)$ için (8) eşitsizliği gereği $lip(A_g\varphi) < +\infty$ olduğundan $\Psi(x) = (A_g\varphi)(x)$ fonksiyonu $[0, +\infty)$ aralığında Lipshitz koşulunu sağlar, dolayısıyla, sınırlı salınımlıdır. Bu durumda (7) şeklinde tanımlı dönüşüm

$$A_g: C[0, +\infty) \rightarrow C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$$

şeklinde lineer sürekli operatörü tanımlar ve $\|A_g\|_v \leq \|g\|_v$ olur.

Tanım. $(g_n)_{n \geq 1}, g_n \in BV[0, +\infty)$ fonksiyonlar dizisi ve $g \in BV[0, +\infty)$ fonksiyonu verilmiş olsun. Eğer her $x \in X \subset [0, +\infty)$ için $\lim_{n \rightarrow \infty} g_n(x) = g(x)$ eşitliği sağlanacak şekilde $[0, +\infty)$ aralığında her yerde yoğun X kümesi ve her $n \in \mathbb{N}$ için $\|g_n\|_v \leq M$ olacak şekilde $M > 0$ sayısı varsa, $(g_n)_{n \geq 1}$ dizisi g fonksiyonuna esaslı yakınsaktır denir.

Eğer $(g_n)_{n \geq 1}, g_n \in BV[0, +\infty)$ dizisi $g \in BV[0, +\infty)$ fonksiyonuna esaslı yakınsak ise Helly teoremi [3] gereği her $\varphi \in C[0, +\infty)$ fonksiyonu için

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \int_0^{+\infty} \varphi(x) dg_n(x) = \int_0^{+\infty} \varphi(x) dg(x)$$

eşitliği sağlanır.

Teorem 3.2. $(g_n)_{n \geq 1}, g_n \in BV[0, +\infty)$ dizisi, $g \in BV[0, +\infty)$ fonksiyonuna esaslı yakınsak ise, her $\varphi \in C[0, +\infty)$ fonksiyonu için $(A_{g_n}\varphi)_{n \geq 1} \subset C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ dizisi $A_g\varphi \in C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ fonksiyonuna düzgün yakınsaktır.

İspat. $(g_n)_{n \geq 1} \subset BV[0, +\infty)$ dizisi $g \in BV[0, +\infty)$ fonksiyonuna esaslı yakınsak olduğundan her $\varphi \in C[0, +\infty)$ fonksiyonu ve her $x \in [0, +\infty)$ için $\{(A_{g_n}\varphi)(x)\}_{n \geq 1}$ dizisi $(A_g\varphi)(x)$ fonksiyonuna yakınsaktır. Bu durumda $\{A_{g_n}\varphi\} \subset C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ dizisi eş süreklidir. Buradan da, $[0, +\infty)$ aralığının her bir kompakt alt kümesinde, dolayısıyla, $[0, +\infty)$ aralığında düzgün yakınsak olduğunu alırsınız.

Teorem 3.3. Teorem 3.2' nin koşulları sağlanmak üzere $(\varphi_n)_{n \geq 1} \subset C[0, +\infty)$ fonksiyonlar dizisi $\varphi \in C[0, +\infty)$ fonksiyonuna düzgün yakınsak ise $(A_{g_n}\varphi_n)_{n \geq 1} \subset C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ dizisinde $A_g\varphi \in C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ fonksiyonuna düzgün yakınsaktır.

İspat. A_g integral operatörünün lineerliği gereği

$$A_{g_n}\varphi_n = A_{g_n}\varphi + A_{g_n}(\varphi_n - \varphi) \quad (9)$$

eşitliğini yazabiliriz. $A_{g_n}(\varphi_n - \varphi) \in C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ olduğundan

$$\|A_{g_n}(\varphi_n - \varphi)\| \leq \|g_n\|_v \|\varphi_n - \varphi\|_c \leq M \|\varphi_n - \varphi\|_c$$

olur, dolayısıyla $(A_{g_n}(\varphi_n - \varphi))_{n \geq 1}$ dizisi düzgün yakınsaktır. Teorem 3.2. gereği $(A_{g_n}\varphi)_{n \geq 1} \subset C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ dizisinde $A_g\varphi \in C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ fonksiyonuna düzgün yakınsaktır. Bu durumda, (9) eşitliğinden teoremin hükmünün geçerli olduğunu alırsınız.

Herhangi $g \in BV[0, +\infty)$ fonksiyonunu alalım ve $z \in C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ fonksiyonuna göre

$$z = A_g z \quad (10)$$

denklemini verilmiş olsun.

Teorem 3.4. Her $g \in BV[0, +\infty)$ fonksiyonu için $z \in C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ uzayında (10) denkleminin yalnızca sıfır çözümü vardır.

İspat. $\|g\|_v = 0$ iken teoremin hükmü açıktır. $\|g\|_v > 0$ olduğunu varsayalım. $z \in C[0, +\infty) \cap BV[0, +\infty)$ (10) denkleminin çözümü olsun.

$t \geq x$ iken $v(x - t) = 0$ olduğundan $z(0) = 0$ olur. Bu durumda, boş olmayan, $[0, a] \subset [0, +\infty)$ aralığı vardır ki, $t \in [0, a]$ için $z(t) = 0$ ’dır.

Teorem 3.5. (4) denkleminin çözümü $[0, a]$ aralığında sıfıra eşit ise, $\delta = \frac{1}{2\|g\|_v}$ olmak üzere $[0, a + \delta] \cap [0, +\infty)$ aralığında da sıfıra eşittir.

İspat. Gerçekten de, $x \in [0, a + \delta] \cap [0, +\infty)$ alırsak,

$$|(A_g z)(x)| = \left| \int_0^x v(x-t)z(t)dg(t) \right| = \left| \int_a^x v(x-t)z(t)dg(t) \right| \leq \delta \cdot \left(\sup_{t \in [0, a+\delta]} |z|(t) \right) \cdot \|g\|_v$$

olur. Buradan da

$$\sup_{t \in [0, a+\delta]} |z|(t) \leq \frac{1}{2} \cdot \left(\sup_{t \in [0, a+\delta]} |z|(t) \right)$$

eşitsizliği elde edilir. Dolayısıyla, $\forall x \in [0, a + \delta]$ için $z(x) = 0$ olur. $a = 0$, $a = \delta$, $a = 2\delta, \dots$ alınarak $[0, +\infty)$ aralığında $z(x) = 0$ olduğu elde edilir.

Anahtar Kelimeler: Shrödinger operatörü, spektrum, saçılma teorisi, ters problemler.

Kaynaklar

- [1] Vinokurov V. A., Sadovnychii V.A., Doklady RAN, 1998, vol.358, no.3, pp.298-301.
- [2] Vinokurov V. A., Sadovnychii V.A., Dif. Equation, 2002, vol.38, no.6, pp.735-751.
- [3] Shirov G.e., Gurevich B.L., Integral, Measure and Derivation, M. 1967.

Bu çalışma Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından “F-581” proje numarası ile desteklenmiştir.

SAĞLIK ALANINDA EĞİTİM GÖREN ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN, SAĞLIK OKURYAZARLIK DÜZEYİ VE İLİŞKİLİ FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Öğr. Gör. Gözde Özdemir

Öğr. Gör.: Beykent Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikleri Bölümü,
İstanbul

Araş. Gör. Büşra Emir

Araş. Gör.: İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü,
Biyoistatistik Anabilim Dalı, İzmir

Amaç: Araştırma, sağlık alanında eğitim gören üniversite öğrencilerinin, sağlık okuryazarlık düzeyini ve etki eden ilişkili faktörleri belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Gereç ve Yöntem: Araştırma, vakıf üniversitesinde sağlık alanında öğrenim görmekte olan, gönüllü 1014 öğrenci ile yapılmıştır. Araştırmada anket formu ve 22 madde (sağlık bilgileri ve ilaç kullanımı), 1 madde (vücuttaki organların yerini bilme) sorulardan Yetişkin Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği (YSOÖ) kullanılmıştır. Veriler IBM SPSS Statistics 25.0 (IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.) istatistik paket programında değerlendirilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler olarak birim sayısı (n), yüzde(%), ortalama $\pm$ standart sapma ($Ort \pm SS$), ortanca (M), 25.yüzdelik ($\check{C}_1$) ve 75.yüzdelik ($\check{C}_3$) değerleri olarak verildi. Ölçeğe ilişkin iç tutarlılıklar, Cronbach alfa katsayısı ile belirtildi. Sayısal değişkenlere ait verilerin normal dağılımı Shapiro Wilk normallik testi ve Q-Q grafikleri ile değerlendirildi. Sürekli değişkenler için iki grup karşılaştırması normallik testi sonucuna göre Mann-Whitney U testi ile yapıldı. İki'den daha fazla alt kategoriye sahip bağımsız grupların karşılaştırmaları, verilerin dağılımı normallik testi sonucuna göre Kruskal-Wallis analizi ile değerlendirildi. Kruskal Wallis analizi sonucu fark bulunması durumunda çoklu karşılaştırma testi olarak Dunn Bonferroni testi kullanıldı. Yaş ile Yetişkin sağlık okuryazarlığı ölçek puanı arasındaki ilişkinin incelenmesinde Spearman korelasyon analizi kullanıldı. $p<0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular: Araştırmaya katılan üniversite öğrencilerin yaş ortalaması 20.78 ± 2.67 'dir. Öğrencilerin %83,8'i hipertansiyon belirtilerini bilmemektedir. Araştırmaya katılan bireylerin yaş, cinsiyet, ailede sağlık çalışanı olma durumu ve tedavi gördüğü hastalığı bulunanların sağlık okuryazarlığı arasında fark olmadığı fakat anne eğitimi, ekonomik durumu ve sağlığı algılaması iyi olanların sağlık okuryazarlık düzeyi yüksek olarak belirlendi ($p<0.05$).

Sonuç: Araştırma verilerinin analizinde toplam ölçek puanı 13.561 ± 2.627 olarak belirlendi. Sağlık okuryazarlık düzeyinin çok iyi olmadığı göstermektedir. Araştırmamızda üniversite öğrencilerinin hipotansiyon belirtilerini, kliniklerin doğru tanımlanmasını ve ilaç dozlarının zamanını iyi bilmekte ancak yüksek ateş derecesi, yüksek ateş durumlarında evde neler yapılacağı ve kadın öğrencilerin tarama testlerinin yapılma zamanlarını bilmedikleri tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre sağlık alanında eğitim gören üniversite öğrencilerinin müfredat programlarının incelenmesi önerilmektedir. Bu alanda daha fazla deneysel çalışma yapılması yararlı olacaktır.

Anahtar Sözcükler: Sağlık okuryazarlığı, Sağlık eğitimi, Üniversite öğrencileri

GİRİŞ:

Bugün, dünya nüfusu 7,1 milyon, Türkiye nüfusu 82 bin kişiye ulaşmıştır. Bu verilerin yaklaşık dörtte birini 10-24 yaş arasındaki gençler oluşturmaktadır (1). Gençlik dönemleri bireylerin her yönden değişim süreci yaşadığı periyotlar olarak tanımlanmaktadır. Gençlerde meydana gelen bu değişimler sosyal, fiziksel ve ruhsal sorunlara yol açmaktadır (2). Üniversite eğitimi mesleki eğitim ile birlikte kişilik değişimi ve sağlık davranışlarında olumlu ve olumsuz değişimlere yol açmaktadır (3,4). Bireylerde meydana gelen bu değişimler kendi sağlığını etkilediği kadar, ailesini ve tüm toplumu da olumsuz etkileyebilmektedir(5). Toplumun sağlık düzeyi ise, toplumdaki sağlıklı bireylerin çoğunlukta olmasıyla ölçülür(6).

Sağlık okuryazarlığı kavramı 1974'lü yıllarda ilk olarak sağlık eğitimini tanımlamak için ifade edilmiştir. Bu tanımdan sonra, 1990 yıllarına kadar pek kullanılmayan sağlık okuryazarlığı kavramı hakkında sonraki yıllarda ivme kazanmış ve çeşitli tanımlar yapılmıştır (8). Sağlık okuryazarlığı, tıbbi sağlık davranışı becerilerini en uygun şekilde kullanma ve bilgiye ulaşma yeteneği olarak ifade edilmektedir (7). Sağlık Okuryazarlığı tanımını Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), sağlığın devamlılığı sağlamak için bireylerin bilgiye ulaşması, ulaştıkları bilgileri anlayabilmesi ve kullanabilmesinin bilişsel ve sosyal yönden motivasyonu şeklinde tanımlar (9). Sağlık Okuryazarlığı temelinde randevu kartlarını, tıbbi açıklamaları yapan doktor ve eczacı talimatlarını, eğitim broşürlerinin anlaşılmasını sağlayan sağlık sisteminin üstesinden gelme başarısıdır (10,11). Bu başarının zayıf olmasıyla bireylerin, sağlıksız seçimler yaptığını, sağlığını yönetmekte yetersiz kaldığını ve daha fazla tıbbi tedaviye ihtiyacı olduğunu ve riskli davranışlara sahip olduğunu ifade etmektedir (11,12).

Sağlık çalışanları mesleki alanlar çerçevesinde sağlık hizmetleri sunan bir danışman rolündedir. Bu rollerini en iyi uygulayabilmesi için sağlık okuryazarlık seviyesinin iyi olması beklenmektedir (13). Yetersiz sağlık okuryazarlık kavramı dünyada olduğu gibi Türkiye’de de sağlık okuryazarlık düzeyinin düşük olduğu göstermektedir. Fakat sağlık alanında olan hizmet veren ve sağlık eğitimine de devam eden bireylere yönelik sağlık okuryazarlık düzeyini belirleyen sınırlı sayıda çalışma sonuçları bulunmaktadır. Bu alanda daha fazla çalışma yapılmalı, sağlık alanında eğitim görülen bölümlerin müfredat programları değerlendirilmeli ve özellikle mesleki sürecin en temeli olan okulda sağlık okuryazarlığı farkındalığı kazandırılmalıdır (14). Araştırma, sağlık alanında eğitim gören üniversite öğrencilerinin, sağlık okuryazarlık düzeyini ve etki eden ilişkili faktörleri belirlemek amacıyla yapılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM:

Araştırma, sağlık alanında eğitim gören üniversite öğrencilerinin, sağlık okuryazarlık düzeyi ve ilişkili faktörlerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırmada örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde PASS 11 programı kullanılarak prior güç analizi gerçekleştirilmiştir. Sezer, A., & Kadioğlu, H. (2014) Yetişkin Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği” Cronbach Alpha katsayısı kullanılarak hesaplanan güç analizine göre minimum %80 güç ile Tip I hata 0.05, Tip II hata 0,20 olarak belirlendiğinde, kişi sayısı en az 828 birey olarak hesaplanmıştır (6). Yapılan güç analizi sonucunda en az 828 birim çalışmaya dâhil edilmelidir. Araştırma İstanbul’da bir vakıf üniversitesinin meslek yüksekokulunda 2017-2018 bahar yarıyılında sağlık alanında eğitim gören ve araştırmaya katılmayı kabul eden gönüllü 1014 öğrenci ile yapılmıştır.

VERİLERİN TOPLANMASI

Verilerin toplanmasında literatür doğrultusunda araştırmacı tarafından geliştirilen anket formu ve Yetişkin Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği (YSÖÖ) uygulandı (2).

Demografik Anket Formu: Anket formu 16 sorudan oluşmaktadır. Form, öğrencilerin sosyo-demografik, eğitim, sağlık ve hastalık ile ilgili özelliklerine yönelik sorular bulundurmaktadır.

Yetişkin Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği (YSÖÖ): Sezer ve Kadioğlu (2014)’un geliştirdiği, geçerlik ve güvenirlik çalışması yaptığı ölçek, yetişkin bireylerde sağlık okuryazarlığı değerlendirmek amacıyla, 22 madde (sağlık bilgisi) ve 1 madde (vücuttaki organların yerini bilme) şeklindedir. Ölçek 13 madde (evet/hayır), 4 madde (boşluk doldurma), 4 madde (çoktan seçmeli) ve 2 madde (eşleştirme) sorularından oluşmaktadır. Puanlama soru tipine göre farklılık göstermektedir. Evet/hayır şeklindeki sorularda olumlu yanıt verenler 1, olumsuz yanıt verenler 0

puan, boşluk doldurma sorularında doğru cevaba 1, yanlış cevap 0 puan verildi. Eşleştirme şeklindeki sorularda ikiden fazla doğru eşleştirenlere 1, diğerlerine 0 puan verildi. Çoktan seçmeli sorularda iki ve ikiden fazla doğru cevap verenlere 1 puan, hiç bilmeyenlere ya da doğru ile birlikte yanlış cevap verenlere 0 puan verildi. Ölçekten alınabilecek puanlar 0-23 arasında değişmektedir. Ölçekten alınan puan 0-23 arasında değişmekte ve ölçek puanı artması sağlık okuryazarlık düzeyinin de arttığını göstermektedir.

Ölçeğin, Cronbach alpha katsayısı 0.77 olarak hesaplanmıştır. Ölçeğin test tekrar test güvenilirlik katsayısı 0.87, Kapsam geçerlilik indeksi (KGI) %90 üzerindedir. Faktör analizi sonucu 8 faktörlü olan bir yapı ortaya çıkmasına rağmen anlam bütünlüğü açısından da tek boyutlu kullanımını önerilmiştir.

Araştırmanın verileri araştırmacı tarafından öğrencilere anket uygulaması şeklinde sınıf ortamında yapılmıştır. Veriler IBM SPSS Statistics 25.0 (IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.) istatistik paket programında değerlendirildi. Tanımlayıcı istatistikler olarak birim sayısı(*n*), yüzde(%), ortalama $\pm$ standart sapma ($\bar{x} \pm sss$), ortanca (*M*), 25.yüzdelik (*Ç*₁) ve 75.yüzdelik(*Ç*₃) değerleri olarak verildi. Ölçeğe ilişkin iç tutarlılıklar, Cronbach alfa katsayısı ile belirtildi. Sayısal değişkenlere ait verilerin normal dağılımı Shapiro Wilk normallik testi ve Q-Q grafikleri ile değerlendirildi. Sürekli değişkenler için iki grup karşılaştırması normallik testi sonucuna göre Mann-Whitney *U* testi ile yapıldı. İki'den daha fazla alt kategoriye sahip bağımsız grupların karşılaştırmaları, verilerin dağılımı normallik testi sonucuna göre Kruskal-Wallis analizi ile değerlendirildi. Kruskal Wallis analizi sonucu fark bulunması durumunda çoklu karşılaştırma testi olarak Dunn Bonferroni testi kullanıldı. Yaş ile Yetişkin sağlık okuryazarlığı ölçek puanı arasındaki ilişkinin incelenmesinde Spearman korelasyon analizi kullanıldı. *p*<0.05 değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

ARAŞTIRMANIN ETİK BOYUTU

Araştırma uygulaması öncesinde Beykent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulundan 31.11.2017 tarihli izin alındı. Veri toplama aşamasında öğrencilerden araştırma amacı ile ilgili bilgilendirme yapıldı ve sözel onamları alındı. Araştırmayı devam ettirmek istemeyen diğer araştırmacılara mail yoluyla bilgilendirme yapıldı ve izin alındı.

BULGULAR

Araştırmaya katılan sağlık bölümünde okuyan öğrencilerin sosyo-demografik özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir. Araştırmaya katılan öğrencilerin yaş ortalaması ise 20.78 ± 2.67 ’dir. Araştırmaya katılan öğrencilerin %73.2’si kadın, %46.4’ünün ekonomik durumu iyi, %59.4’ünün 2.sınıf öğrencisi olduğu belirlendi. Öğrencilerin %42’sinin okuldaki başarısını değerlendirme durumunun iyi olduğu, %89’unun kentsel bölgede yaşadığı görülmektedir. Öğrencilerin %80.3’ünün ailede sağlık çalışanı bulunmadığı, %10.2’sinin tedavi gördüğü hastalığı olduğu, %54.6’sının sağlığı algılama durumunun iyi olduğu saptanmıştır.

Tablo 1. Araştırmaya Katılan Öğrencilerin Sosyo-Demografik Özellikleri

Sosyo-Demografik Özellikler	S	Yüz
	a	de
Yaş		
<i>Ort ± SS</i> 20.78±2.67	1014	100
Cinsiyet		
Kadın	742	73.2
Erkek	272	26.8
Ekonomik Durum		
Çok iyi	27	2.7
İyi	471	46.4
Orta	483	47.6
Kötü	33	3.3
Sınıf		
1.Sınıf	412	40.6
2.Sınıf	597	59.4
Okuldaki Başarısını Değerlendirme Durumu		
Çok iyi	140	13.8
İyi	426	42.0
Orta	394	38.9
Kötü	54	5.3
Ailenin Yaşadığı Bölge		
Kırsal bölge	112	11
Kentsel bölge	902	89
Ailenin Sağlık Çalışanı Bulunma Durumu		

Var	200	19.7
Yok	814	80.3
Hastalığının Olması		
Var	103	10.2
Yok	911	89.8
Sağlığı Algısı		
Çok iyi	219	21.6
İyi	554	54.6
Orta	199	19.6
Kötü	42	4.2

Tablo 2’de öğrencilerin %50.8’i tansiyonun düşme belirtilerini %16.2’si ise tansiyonun yükselme belirtilerini bilmekte, %47.1’i düzenli kilo takibi yapmaktadır..

Öğrencilerin %80.4’ü kilosunun normal aralıkta olup olmadığını, %36’sı normal vücut sıcaklığı değerlerini, %17.9’u da ateş yükseldiği durumlarda neler yapabileceğini bilmektedir.

Öğrencilerin %33.5’i gebelikten korunmada güvenilir yöntemleri, %80.8’i kullandığı ilacın ikincisini ne zaman kullanacağını, %77.2’si kullandığı ilacın gününü, %80.3’ü aç karna alınacak ilacın zamanını, %23.6’sı yemekten sonra yanma şişlik, hazımsızlık gibi durumlarda hangi kliniğe başvuracağını ve %7’si idrar yaparken yanma durumunda hangi kliniğe başvuracağını bilmektedir.

Öğrencilerin %20.3’ü hastalık öncesi yapılabilecek testlerin zamanını, %90.8’i klinik isimlerinin ne anlama geldiğini, %80.7’si sağlık hizmetleri alırken hasta haklarının ne olduğunu bilmekte ve %80.7’sinin sağlık sorunları ile ilgili hizmetleri alırken zorlanmakta olduğu belirlendi.

Öğrencilerin %95.2’si hastaneden nasıl randevu alacaklarını bilmekte, %91.2’si doktor ya da hemşireye sağlık sorunlarını anlatırken ve %90.3’ü de doktor ya da hemşireye sağlık sorunları ile ilgili soru sormakta zorlanmaktadır.

Öğrencilerin %65.4’ü sağlıkla ilgili haberleri takip ettiği, %39.3’ünün sağlıkla ilgili gazete veya dergi okuduğu, %82.1’inin sağlıkla ilgili broşürleri anlamakta zorlandığı ve %64.3’ünün vücudumuzdaki organların yerlerini bildiği saptanmıştır.

Tablo 2. Yetişkin sağlık okuryazarlığı ölçeğini doğru cevap yüzdelikleri

Sorular	Sayı	Yüzd
1. Aşağıdakilerden hangileri tansiyonun düşme belirtileridir?	515	50.8
2. Aşağıdakilerden hangileri tansiyonun yükselme belirtileridir?	164	16.2
3. Düzenli olarak tartılır mısınız?	478	47.1
4. Kilonuzun boyunuza göre normal değerler arasında olup olmadığını biliyor musunuz?	815	80.4
5. Yetişkin bireylerde ateş olması için vücut ısısı kaç derece olmalıdır?	365	36.0
6. Ev ortamında ateşli durumlarda ilk olarak neler yapılabilir?	182	17.9
7. Aşağıdakilerden hangileri gebelikten korunmada güvenilir yöntemlerdendir?	340	33.5
8. Doktorunuz günde iki kez antibiyotik almanızı önerdi. İlk tableti sabah sekizde alırsanız ikincisini saat kaçta alırsınız?	819	80.8
9. Doktorunuzun iki günde bir almanızı önerdiği bir vitamin ilacının ilk dozunu Salı günü aldınız. İkinci dozunu hangi gün alırsınız?	783	77.2
10. Doktorunuzun aç karnına almanızı önerdiği bir ilacı ne zaman alırsınız?	814	80.3
11. Yemekten sonra midenizde yanma, şişlik, hazımsızlık hissediyorsunuz. Bu durumda aşağıdaki kliniklerden hangilerine başvurabilirsiniz?	239	23.6
12. Tuvalete gittiğinizde idrarınızı yaparken yanma ve ağrı hissediyorsunuz. Bu durumda aşağıdaki kliniklerden hangilerine başvurabilirsiniz?	71	7
13. Aşağıda belirtilen tarama testlerini yapılma zamanlarına göre doğru harflerle eşleştirip parantezlere yazınız.	206	20.3
14. Aşağıda hastane ile ilgili bazı klinikler verilmiştir. Her kliniği tanımlayan doğru harflerle eşleştirip parantezlere yazınız.	921	90.8
15. Sağlık hizmetleri alırken hasta haklarınızın neler olduğunu biliyor musunuz?	818	80.7
16. Sağlık kurumuna başvurunuzda ya da sağlık sorunlarınızla ilgili hizmetleri alırken zorlanır mısınız?	818	80.7
17. Hastaneden nasıl randevu alabileceğinizi biliyor musunuz?	965	95.2

18. Doktor/hemşireye sağlık sorununuzu anlatmakta zorluk yaşamışınız?	925	91.2
19. Doktora/hemşireye sağlık durumunuz ile ilgili rahatça soru sorabilir misiniz?	916	90.3
20. Sağlıkla ilgili haberleri takip eder misiniz?	663	65.4
21. Sağlıkla ilgili gazete/dergi vs. okur musunuz?	398	39.3
22. Sağlıkla ilgili broşürleri okuma ve anlamada zorlanır mısınız?	822	81.1
23. Aşağıda oklarla belirtilen organların adlarını yazınız.	652	64.3

Araştırma verilerinin analizinde toplam ölçek puanı 13.561 ± 2.627 olarak belirlendi. Öğrencilerin sosyo-demografik özelliklerine göre yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımlarının karşılaştırma sonuçları Tablo 3’de yer almaktadır. Yaş ile Yetişkin sağlık okuryazarlığı ölçek puanı arasındaki ilişkinin incelenmesinde Spearman korelasyon analizi sonucuna göre istatistiksel yönden farklılık saptanmamıştır ($r_s = -0,052$; $p = 0,095$). Öğrencilerin Yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımları, cinsiyeti, tedavi görülen hastalığın varlığı, aile yaşadığı yer ve ailede sağlık çalışanı bulunması kategorilerine göre karşılaştırıldığında istatistiksel yönden farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$). Anne eğitim durumuna göre öğrencilerin Yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımları incelendiğinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık saptanmıştır ($p = 0.001$). Okuryazar olmayan annelere sahip öğrencilerin Yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımları ortaokul mezunu olan annelere sahip öğrencilere göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Benzer şekilde okuryazar olmayan annelere sahip öğrencilerin Yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımları ve lise mezunu olan annelere sahip öğrencilere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Baba eğitim durumuna göre öğrencilerin Yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımları incelendiğinde istatistiksel olarak farklılık saptanmamıştır ($p = 0.011$). İlkokul mezunu olan babalara sahip olan öğrencilerin Yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımları lise mezunu olan babalara sahip öğrencilere göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Ekonomik duruma göre öğrencilerin Yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımlarına göre istatistiksel olarak farklılık saptanmamıştır ($p = 0.048$). Ekonomik durumu iyi olan öğrencilerin kötü olan öğrencilere göre Yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımları daha yüksektir. Birinci sınıfta okuyanların öğrencilerden sağlık okuryazarlık puanlarının daha yüksek olduğu belirlendi ($p = 0.008$). Okuldaki başarısını değerlendirme durumuna göre öğrencilerin Yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımlarına göre istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0.001$). Çok iyi ve iyi duruma sahip öğrencilerin sağlık okuryazarlığına ilişkin puanlarının, orta ve kötü duruma sahip öğrencilere göre daha yüksek olduğu saptandı. Öğrencilerin Yetişkin sağlık okuryazarlığı puan dağılımları sağlığı algılama durumu kategorilerine göre karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklılık saptanmamıştır ($p < 0.001$). Sağlığı algılama durumu iyi ve orta olan öğrencilerin sağlık okuryazarlığına ilişkin puanlarının kötü olanlara göre daha yüksek olduğu belirlendi.

Tablo 3. Öğrencilerin Sosyo-demografik verileri ile yetişkin sağlık okuryazarlığı ölçek ortalama puanlarının karşılaştırılması

Demografik özellikler	S a	Ort ± SS M	Test istatistiği p değeri
Cinsiyet*			
Kadın	742	13.60±3.11 14.00(12.00-16.00)	Z=0.0 98 p=0.9
Erkek	272	13.44±3.53 14.00(12.00-16.00)	
Anne Eğitimi[†]			
Okuryazar değil	129	12.67±3.42 13.00(11.00-15.00) ^a	$\chi^2=17.643$ p=0.001
İlkokul	420	13.47±3.10 14.00(12.00-15.00) _{a,b}	
Ortaokul	253	13.79±3.35 14.00(12.00-16.00) ^b	
Lise	162	14.02±3.06 14.00(13.00-16.00) ^b	
Üniversite	50	13.96±3.22 15.00(11.00-16.00) _{a,b}	
Baba Eğitimi[†]			
Okuryazar değil	28	13.21±2.68 14.00(11.00-15.00) _{a,b}	$\chi^2=13.034$ p=0.011
İlkokul	347	13.30±3.18 14.00(12.00-16.00) ^a	
Ortaokul	306	13.44±3.30 14.00(12.00-15.25) _{a,b}	
Lise	256	14.07±3.04 14.00(13.00-16.00) ^b	
Üniversite	77	13.66±3.81 14.00(12.00-16.00) _{a,b}	
Ekonomik Durum[†]			
Çok iyi	27	12.81±4.19 14.00(11.00-16.00) _{a,b}	$\chi^2=9.609$ p=0.048
İyi	471	13.84±2.95 14.00(12.00-16.00) ^a	
Orta	483	13.42±3.30 14.00(12.00-16.00) _{a,b}	

Kötü	33	11.36±4.22 9.50(11.00-15.00) ^b	
Sınıf*			
1.Sınıf	412	13.95±3.13 14.00(12.00-16.00)	Z=11.796 p=0.008
2.Sınıf	597	13.30±3.26 14.00(12.00-15.00)	

a, b üst simgeleri grup içi farklılıkları göstermektedir. Benzer harflerin yer aldığı gruplar benzerdir.

* Mann Whitney U Test

† Kruskal Wallis Test

Tablo 3. Öğrencilerin Sosyo-demografik verileri ile yetişkin sağlık okuryazarlığı ölçek ortalama puanlarının karşılaştırılması (devam ediyor)

Demografik özellikler	S a	Ort ± SS M	Test istatistiği p değeri
Okuldaki Başarısını Değerlendirme Durumu[†]			
Çok iyi	140	14.06±3.14 14.00(13.00-16.00) ^a	$\chi^2=42.042$ p<0.001
İyi	426	14.14±2.98 14.00(13.00-16.00) ^a	
Orta	394	12.99±3.28 13.00(11.00-15.00) ^b	
Kötü	54	11.44±4.29 13.00(8.25-14.75) ^b	
Aile Yaşam Yeri[*]			
Kırsal bölge	112	13.05±3.17 13.50(11.00-15.00)	Z=1.9 39 p=0.0
Kentsel bölge	900	13.63±3.23 14.00(12.00-16.00)	
Ailede Sağlık Çalışanı Bulunması[*]			
Var	13	13.80±3.50 14.00(12.00-16.00)	Z=1.6 44 p=0.1
Yok	814	13.50±3.16 14.00(12.00-16.00)	
Tedavi Görülen Hastalık[*]			
Var	103	13.77±3.01 14.00(12.00-16.00)	Z=0.5 52 p=0.5
Yok	911	13.54±3.25 14.00(12.00-16.00)	
Sağlığı Algılama Durumu[†]			
Çok iyi	219	14.07±3.09 14.00(13.00-16.00) ^a	$\chi^2=25.886$ p<0.001
İyi	554	13.62±3.19	

		14.00(12.00-16.00)	
Orta	199	13.28±3.16 13.00(12.00-15.00) ^a	
Kötü	42	10.19±4.38 10.00(5.00-13.00) ^b	

a, b üst simgeleri grup içi farklılıkları göstermektedir. Benzer harflerin yer aldığı gruplar benzerdir.

* Mann Whitney *U* Test

† Kruskal Wallis Test

TARTIŞMA

Araştırma verilerinin analizinde toplam ölçek puanı 13.561±2.627 olarak belirlendi. Literatür %26-51.8 olarak belirlenen sağlık okuryazarlık oranlarını, yetersiz ya da düşük olarak tanımlamaktadır (15,16,17). Araştırmamızda da sağlık okuryazarlık düzeyi eksik ve yetersiz olarak saptanmıştır. Ülkemizde Sağlık okuryazarlığın düzeyini belirlemek için yapılan sınırlı araştırmalar vardır. Bu çalışma sonuçlarına göre sağlık okuryazarlığı düzeyinin düşük ve yetersiz olduğu belirtilmektedir(2,6). Bu durumun nedeni sağlık okuryazarlığı kavramının önemi hakkında farkındalığın yeterli farkındalığın olmaması olabilir.

Araştırmamızda cinsiyete göre sağlık okuryazarlığı arasında fark saptanmamıştır. Dinçer&Kurşun (2016) 2101 öğrenci üzerinde yaptığı çalışmasında da cinsiyete göre fark olmadığını belirtmiştir. İnkaya&Tüzer (2018); Sukys ve ark.(2017); Ergün (2017) araştırmalarında ise kız öğrencilerin sağlık okuryazarlığı puanlarının yüksek olduğunu belirlemiştir. Vizokis ve ark.(2014); Dahsti ve ark.(2014) araştırmalarında da erkek öğrencilerin sağlık okuryazarlık düzeyinin yüksek olduğunu tespit etmiştir. Çalışmalardaki bu farklılıkların çalışmanın yapıldığı toplumun kültürel farklılıklardan kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Araştırmamızda meslek yüksekokulu birinci sınıf öğrencilerin sağlık okuryazarlık puanı (13.95±3.13) daha yüksek olduğu belirlendi. Ergün (2017) çalışmasında, 718 sağlık yüksekokulu öğrencilerinin sağlık okuryazarlığı puanı dördüncü sınıfta (34.9±8.8) daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni, lisans ve ön lisans öğrencileri arasında eğitim düzeyi farklılıkları ve farkındalık düzeylerinin artması şeklinde açıklanabilir. Ön lisans düzeyinde birinci sınıf ve ikinci sınıf öğrencilerinin sağlık okuryazarlığının arasındaki farklılığın ise öğrencilerin gelecek kaygısı nedeniyle farklı uğraşlara yönelmeleri olabileceği düşünülmektedir.

Araştırmamızda öğrencilerin sağlığı algılama durumu iyi ve orta olanların sağlık okuryazarlığına puanları, kötü olanlara göre daha yüksek olduğu saptandı. Araştırmamıza benzer sonucun elde edildiği bir diğer çalışmada ise, fiziksel ve ruhsal yönden kötü hissedenlerin sağlık okuryazarlığı düzeyi düşük bulunmuştur(23). Bireylerde sağlık algısı sağlık okuryazarlığını etkilediği söylenebilir.

Tarama testleri koruyucu sağlık hizmetlerinin önemli bir kısmını oluşturur. Sağlık okuryazarlık düzeyi bireylerin sağlık algıları ve hastalık süreçleri yönetme, koruyucu hizmetlerden yararlanma

kabiliyetlerini arttırmaktadır(24). Cho ve ark. (2008)'ın yaptığı bir çalışmada sağlık okuryazarlığı arttıkça koruyucu hizmetlerinden faydalanma düzeyinin arttığını belirtmiştir. Araştırmamızda ise tarama testlerinin yapılma zamanlarına yönelik eşleştirme sorularına sadece %20.3'ü doğru yanıt vermiştir. Öğrencilerin sağlık okuryazarlık ölçek puanının da düşük olması literatürü desteklemektedir.

Sonuç ve Öneriler:

Sağlık çalışanları mesleki danışman rolündedir ve sağlık okuryazarlık seviyesinin iyi olması beklenmektedir (13). Fakat sağlık alanında olan hizmet veren ve sağlık eğitimine de devam eden bireylere yönelik sağlık okuryazarlık düzeyini belirleyen sınırlı sayıda çalışma sonuçları bulunmaktadır. Bu alanda daha fazla çalışma yapılması, sağlık alanında eğitim görülen bölümlerin müfredat programlarının değerlendirilmesi ve özellikle mesleki sürecin temeli olan üniversite döneminde okulda sağlık okuryazarlığı farkındalığı kazandırılması önerilmektedir (14). Bu alanda daha fazla çalışma yapılması ve okuryazarlık kavramının ilkokul düzeyinden itibaren müfredata eklenmesi faydalı olacaktır.

Kaynaklar:

1. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30567> (Erişim tarihi: 30.04.2019)
2. Dinçer, A., Kurşun, Ş. Üniversite Öğrencilerinin Sağlık Okuryazarlık Düzeylerinin Belirlenmesi. Journal Of Continuing Medical Education, 2017;26:1.
3. Ayaz S, Tezcan S, Akıncı F(2005). Hemşirelik yüksekokulu öğrencilerinin sağlığı geliştirme davranışları. Cumhuriyet Üniversitesi Hemşirelik Yüksek Okulu Dergisi, 9(2): 26-34. Batı H,
4. Tezer E, Duman E, Önen E, Yılmaz C, Fadiloğlu Ç(2003). Üniversite öğrencilerinde sağlıklı yaşam biçimi davranışı değerlendirmesi. 8. Halk Sağlığı Günleri(Kongre Kitabı),Sivas 23-25 Haziran, 227.
5. Tanrıöver, M.; Yıldırım, H. H.; Ready, N. D.; Çakır, B. & Akalın, E. (2014). Türkiye sağlık okuryazarlığı araştırması. Sağlık-Sen Yayınları Aralık, 25, 55
6. Sezer, A., Kadioğlu, H. *Yetişkin Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği'nin Geliştirilmesi*. Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 2014;17:3
7. İlhan, N., Batmaz, M., Akhan, L. U. Üniversite Öğrencilerinin Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları. Maltepe Üniversitesi Hemşirelik Bilim ve Sanatı Dergisi, Cilt:3,Sayı:3. 2010
8. Güven, D, Y. ,Bulut, H., Öztürk, S. *Sağlık Bilimleri Fakültesi Öğrencilerinin Sağlık Okuryazarlığı Düzeylerinin İncelenmesi*. Journal of History Culture and Art Research, 2018; 7:2. (ISSN: 2147-0626)
9. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs171/en.print.html>, WHO, 'Health Promotion:milestones on the road to a global alliance', Fact sheet N171, Revised June 1998 (Erişim Tarihi: 30.04.2019)

10. Kickbusch, I.; Pelikan, J. M. & Apfel, F. et. all. (2015). Sağlık okuryazarlığı Sağlam kanıtlar. Türkiye Sağlıklı Kentler Birliği.
11. Mancuso, J. M. (2008). Health literacy: a concept/dimensional analysis. Nursing & health sciences, 10(3), 248-255.
12. Aslantekin, F., Yumrutaş, M. *Sağlık Okuryazarlığı ve Ölçümü*. TAF Preventive Medicine Bulletin, 2014;13 (4).
13. Almaleh, R.; Helmy, Y.; Farhat, E.; Hasan, H. & Abdelhafez, A. (2017). Assessment of health literacy among outpatient clinics attendees at Ain Shams University Hospitals, Egypt: a cross-sectional study. Public health, 151, 137-145.
14. Yılmaz, F.; Çolak, Y. M. & Ersoy, K. (2010). Sağlık Okuryazarlığının Hasta Hekim İletişimi Üzerine Etkisi, IV. Sağlık ve Hastane İdaresi Kongresi, Antalya.
15. Paasche-Orlow MK, Parker RM, Gazmararian JA, Nielsen-Bohlman LT, Rudd RD.(2005). The prevalence of limited health literacy. J Gen Intern Med, 20: 175–184
16. Nielsen-Bohlman L, Panzer AM, Kindig DA(Eds.), (2004). Health Literacy: A Prescription to End Confusion, National Academies Press, Washington, p. 31-55.
17. Sukys S, Cesnatiene VJ, Ossowsky ZM. Is Health Education at University Associated with Students' Health Literacy? Evidence from CrossSectional Study Applying HLS-EU-Q. BioMed Research International 2017; 1-9.
18. İnkaya, B., Tüzer, H. Bir Üniversitenin Sosyal ve Sağlık Bilimlerinde Okuyan Öğrencilerinin Sağlık Okuryazarlığı Durumunun İncelenmesi. Kocaeli Med J 2018; 7; 3:124-129
19. Ergün S. Sağlık Yüksekokulu Öğrencilerinde Sağlık Okuryazarlığı, Kocaeli Medical J 2017; 6;3:1
20. Dashti S, Peyman N, Tajfard M. et al. EHealth literacy of medical and health sciences university students in Mashhad, Iran in 2016: a pilot Study. Electronic Physician 2017; March 9(3): 3966-3973.
21. Vozikis A, Drivas K, Milioris K. Health literacy among university students in Greece: determinants and association with self-perceived health, health behaviours and health risks. Biomed Central 2014; 72 (15):3-6.
22. Tokuda Y, Doba N, Butler JP. et al. Health literacy and physical and psychological wellbeing in Japanese adults. Patient Educ Couns 2009; 75: 411-7.
23. Yılmaz, M., Tiraki, Z. Sağlık Okuryazarlığı Nedir? Nasıl Ölçülür?. DEUHFED 2016, 9(4), 142-147
24. Cho YLK, Lee SYD, Arozullah AM, Crittenden KS. (2008). Effects of health literacy on health status and health service utilization amongst the elderly. Soc Sci Med, 66: 1809- 1816.

VGG16-CNN PARAMETRELERİNİN MODEL BAŞARISINA ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Erkan DUMAN

Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi,

Furkan AKIN

Yük. Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi,

ÖZET

Evrışimsel sinir ağları görüntü işleme alanında en yaygın kullanılan derin öğrenme mimarisidir. Verinin büyümesi ve donanımsal gelişmelerin veri işlemede sağladığı kolaylıklar evrışimsel sinir ağlarının başarısını artırmıştır. Bu çalışmada, Karen Simonyan ve Andrew Zisserman'ın 2015 yılında ortaya koydukları VGG16 derin öğrenme mimarisi ile vision & interaction group tarafından hazırlanan FaceScrub veri seti kullanılarak, yüz tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir. FaceScrub veri seti ünlü aktör ve aktris resimleri ile oluşturulmuştur. Veri setinde 265 erkek ve 265 kadın olmak üzere 530 sınıf vardır ve her bir sınıf için de farklı sayıda resim bulunmaktadır. Keras kütüphanesi kullanılarak model eğitilmiş ve test edilmiştir. Hiper-parametrelerindeki değişikliklerin, düzenleyicilerin, optimizasyon yöntemlerinin, eğitim ve test aşamalarındaki etkisi gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Derin Öğrenme, FaceScrub, Keras, VGG16.

EVALUATION OF EFFECTS OF VGG16-CNN PARAMETERS ON MODEL SUCCESS

ABSTRACT

Convolutional neural networks are the most widely used deep learning architecture in the field of image processing. The growth of data and the ease with which hardware improvements have enabled data processing have increased the success of convolutional neural networks. In this study, face recognition was performed using the VGG16 deep learning architecture, which was prepared by Karen Simonyan and Andrew Zisserman, and FaceScrub data set prepared by vision & interaction group. The FaceScrub data set was created with pictures of famous actor and actress. In the data set there are 530 classes, 265 males and 265 females, and there are different numbers of pictures for each class. The

model was trained and tested using the Keras library. The effects of changes in hyper-parameters, regularization, optimization methods on training and testing stages are shown.

Key Words: Deep Learning, FaceScrub, Keras, VGG16.

1. GİRİŞ

Yapay zekâ fikri 1950 yılında Alan Turing’in “Makineler düşünebilir mi?” sorusuyla ortaya çıkmıştır [1]. Fikir babası ise 1956 yılında ilk kez yapay zekâ ifadesini kullanan John McCarthy’dir. Sonrasında yapay zekanın bir alt kolu olan makine öğrenmesi geliştirilmiştir. Makine öğrenmesi modellerinden biri olan yapay sinir ağları, beynin çalışma mantığını modellemeye çalışmaktadır. İnsandaki sinir hücrelerinin (nöron) yapısı ve birbiri ile olan etkileşimi düşünülerek oluşturulmaktadır. Frank Rosenblatt tarafından 1957 yılında yapılan ‘perceptron’ tanımı yapay sinir ağlarının temelini oluşturmaktadır [2].

Derin öğrenme ifadesi ilk olarak 1986 da Rina Dechter tarafından kullanılmış [3] ve 2000 yılında Igor Aizenberg ve arkadaşları tarafından tanıtılmıştır. Birden fazla gizli katmanı olan yapay sinir ağları derin sinir ağı olarak kabul edilmektedir. Örnek sayısı milyonları aşan veri setleri kullanılan model ile eğitilir. Eğitim süresince yüz tanıma için hangi özelliklerin daha önemli olduğunu modelin kendisi bulur. Böylece derin öğrenmede makine öğrenmesinin aksine görsellerden çıkarılması gereken özellikler etiketleme yardımı ile otomatik olarak çıkarılır.

Verilerdeki artış ve eldeki veriden daha fazla bilgiye ulaşma çabası, daha ayrıntılı veri işlemeyi zorunlu kılmıştır. Bu amaçla, Yann Lecun 1989 yılında evrişimsel sinir ağlarının ilk modeli olan LeNet-5’i ortaya koymuştur [4]. Evrişimsel Sinir Ağları (CNN veya ConvNet), veri seti üzerinde kenar bulma, özellik çıkarma ön işlemleri yapılan, çok katmanlı sinir ağlarıdır.

Derin öğrenmenin günümüzdeki başarısı 2006 yılından sonraki veri miktarlarının artışı ve teknolojiye gelişmeler sayesinde olmuştur. İnternet ortamında büyük miktardaki verilerin saklanı hale gelmesi ve bu verilere kolayca ulaşılır hale gelmek derin öğrenmenin başarısına önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Donanım alanındaki gelişmeler sonucunda CPU’lar yerine GPU’ların kullanımı modellerdeki katman sayısının artmasına ve daha fazla verinin işlenmesine imkân sağlamıştır.

2012 yılındaki ImageNet yarışmasını evrimsel sinir ağları mimarisi kullanan Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever ve Geoffrey E. Hinton kazanmış [5] (AlexNet) ve derin öğrenmedeki büyük yükseliş bu başarı ile başlamıştır. Karen Simonyan ve Andrew Zisserman, 2015 yılında büyük ölçekli görsel tanıma için daha derin evrimsel ağlar mimarisini ortaya koymuştur. [6] (VGG-16-19). İlk mimari 5 katmanlı iken, 2015 yılında 152 katmanlı ResNet mimarisi [7] oluşturulmuştur.

Derin öğrenme günümüzde nesne belirleme ve tanıma, yüz algılama ve tanıma, konuşma ve ses tanıma, doğal dil işleme, otonom araçlar, sosyal ağ filtreleme, ilaç tasarımı, tıbbi görüntü analizi gibi alanlarda kullanılmaktadır.

2. YÖNTEM

Modeller tasarlanırken katman sayısı, kullanılan filtre boyutları gibi parametreler değişiklik göstermektedir. Katman sayısı, filtre boyutu, öğrenme oranı (learning rate), küme büyüklüğü (batch size) gibi değerler hiper-parametre olarak kabul edilir. Bu parametreler kullanılan veri setine göre de ayarlanabilir.

2.1. Model

Derin öğrenme çalışmalarında TensorFlow, Theano, Keras, Torch ve Caffe gibi kütüphaneler kullanılmaktadır. TensorFlow, 2015 yılında Google ürünü olan geliştirilmiş ve derin öğrenme işlemlerinde kullanılan açık kaynak kodlu bir makine öğrenmesidir. Derin öğrenme adımlarını görselleştirmek için TensorBoard aracı kullanılır. Keras, Tensorflow ve Theano derin öğrenme kütüphanelerini kullanabileceğiniz üst seviye bir uygulama programlama ara yüzleridir. Eğitim ve test aşamaları Google'ın geliştiricilere sunduğu ücretsiz bulut servisi olan Google Colab üzerinde gerçekleştirilebilir. Colab kullanıcılara Tesla K80 GPU üzerinde Keras, Tensorflow gibi kütüphaneleri kullanarak derin öğrenme uygulamaları geliştirme imkânı verir.

Şekil-1 de gösterilen 16 katmanlı model kullanılmıştır. VGG-16 modeli 13 konvolüsyon, 3 tam bağlı katman olmak üzere 16 katmandan oluşmaktadır. Modele 224x224x3 boyutlarında resimler veri girişi olarak verilir ve tam bağlı katman öncesinde özellik çıkarma işlemleri yapılarak boyutları 7x7x512 olarak değiştirilir. Bağlı katmanlar sonrasında resimlerin sınıflandırılacağı sınıf sayısı kadar (1000) çıktı verilir.

Şekil 1: VGG-16 Mimarisi [6]

Tablo-1 de VGG-16 modeli için her katman öncesi ve sonrası resimlerin boyut bilgileri ve kullanılan evrişimsel sinir ağları adımları gösterilmiştir.

Tablo 1: VGG-16 Modelinde resimlerin katman giriş ve çıkış boyutları

VGG16	İsim (16L)	Giriş Boyutu	Filtre	Pixel Ekleme	Kaydırma	Çıkış Boyutu
Adım - 1 (L1)	CONV - 1_1	224 x 224 x 3	3 x 3 x 64	SAME	1	224 x 224 x 64
Adım - 2 (L2)	CONV - 1_2	224 x 224 x 64	3 x 3 x 64	SAME	1	224 x 224 x 64
Adım - 3 (L2)	MAX - POOL - 1	112 x 112 x 64	2 x 2	-	2	112 x 112 x 64
Adım - 4 (L3)	CONV - 2_1	112 x 112 x 64	3 x 3 x 128	SAME	1	112 x 112 x 128
Adım - 5 (L4)	CONV - 2_2	112 x 112 x 128	3 x 3 x 128	SAME	1	112 x 112 x 128
Adım - 6 (L4)	MAX - POOL - 2	112 x 112 x 128	2 x 2	-	2	56 x 56 x 128
Adım - 7 (L5)	CONV - 3_1	56 x 56 x 128	3 x 3 x 256	SAME	1	56 x 56 x 256
Adım - 8 (L6)	CONV - 3_2	56 x 56 x 256	3 x 3 x 256	SAME	1	56 x 56 x 256
Adım - 9 (L7)	CONV - 3_3	56 x 56 x 256	3 x 3 x 256	SAME	1	56 x 56 x 256
Adım - 10 (L7)	MAX - POOL - 3	56 x 56 x 256	2 x 2	-	2	28 x 28 x 256
Adım - 11 (L8)	CONV - 4_1	28 x 28 x 256	3 x 3 x 512	SAME	1	28 x 28 x 512
Adım - 12 (L9)	CONV - 4_2	28 x 28 x 512	3 x 3 x 512	SAME	1	28 x 28 x 512
Adım - 13 (L10)	CONV - 4_3	28 x 28 x 512	3 x 3 x 512	SAME	1	28 x 28 x 512

Adım - 14 (L10)	MAX - POOL - 4	28 x 28 x 512	2 x 2	-	2	14 x 14 x 512
Adım - 15 (L11)	CONV - 5_1	14 x 14 x 512	3 x 3 x 512	SAME	1	14 x 14 x 512
Adım - 16 (L12)	CONV - 5_2	14 x 14 x 512	3 x 3 x 512	SAME	1	14 x 14 x 512
Adım - 17 (L13)	CONV - 5_3	14 x 14 x 512	3 x 3 x 512	SAME	1	14 x 14 x 512
Adım - 18 (L13)	MAX - POOL - 5	14 x 14 x 512	2 x 2	-	2	7 x 7 x 512
Adım - 19 (L13)	FLATTEN	7 x 7 x 512				25088
Adım - 20 (L14)	FC - 1	25088				4096
Adım - 21 (L15)	FC - 2	4096				4096
Adım - 22 (L16)	FC - 3	4096				1000
Adım - 23 (L16)	SOFTMAX	1000				16

2.2. Veri Seti

Çalışmamızda FaceScrub [8] veri seti kullanılarak parametrelerin etkileri gösterilmiştir. Veri setinde 265 ünlü aktör 265 ünlü aktris olmak üzere 530 sınıf vardır. Bu sınıflara ait 106.863 resim bilgisi olmasına rağmen 47747 tanesi indirilebilir durumdadır. Şekil-2 de gösterildiği gibi indirilebilen orijinal boyutlardaki resimlerden yüz bölgeleri bulunarak çıkarılmış ve veri seti oluşturulmuştur. Sınıf sayısını azaltabilmek için resim sayısı 100'den fazla olan sınıflar ayrılmış ve bu sınıflardaki fazla resimlerde silinmiştir. 200 sınıf ve her sınıfta 100 resim olmak üzere 20000 örnekli veri seti oluşturulmuştur.

Şekil 2: Yüz Bölgesinin çıkarılması

Veri setindeki her resim 224x224x3 olacak şekilde yeniden boyutlandırılmıştır. Bazı eğitim ve test aşamalarında resimler şekil-3 de gösterildiği gibi üç kanaldan (RGB) tek kanala düşürülerek gri resimler şeklinde kullanılmıştır.

Şekil 3: Gri resimlere dönüştürme

Modeller tasarlanırken bazı parametrelerin seçimi kişiye bırakılmıştır. Bu parametreler modele ve veri setine göre değişiklik gösterir. Katman sayısı, filtre boyutu, öğrenme oranı (learning rate), küme büyüklüğü (batch size) gibi değerler hiper-parametre olarak kabul edilir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Eğitim ve test aşamasında örnek sınıfından belirli sayıda resim alınarak hiper parametrelerin eğitim ve test başarısındaki etkileri gösterilmiştir. Her durumda sınıf sayısı 200 dür. Kayıp fonksiyonu olarak “categorical_crossentropy” kullanılmıştır. Öğrenme oranı belirtilmediği durumlarda 0,001 olarak alınmıştır.

3.1. Resimlerdeki ön hazırlığın eğitim ve testteki etkisi

Epoch: 50
Batch size: 32
Örnek: 10000

	Resim	Resim /255	Gri Resim	Gri Resim /255	Gri Resim /255 Karıştırma
Eğitim %	100	52	100	19,57	5
Test %	40	20,1	38	10,2	2

Orijinal resim, gri resim ve resimlerden oluşturulan dizi değerleri 255’e bölünerek normalleştirme uygulanmış, eğitim test sonuçları elde edilmiştir.

Eğitim başarısı %100 çıkmasına rağmen test başarısının %40'larda kalması modelimizde ezberlemenin (overfitting) olduğunu gösterir. Resimlerdeki normalleştirme adımının özellikle gri resimlerde ezberlemeyi engellediği görülmektedir.

3.2. Optimizerların eğitim ve testteki etkisi

Epoch: 10
Örnek: 10000

	Batch Size		
Optimizer	64	32	16
SGD	0.2578	0.3556	0.5011
ADADELTA	0.3500	0.3344	0.3944
ADAM	0.3746	0.3912	0.5576
RMSProp	0.2419	0.3117	0.3653

En çok kullanılan iyileştirme yöntemlerinin farklı batch size değerlerindeki test başarısı karşılaştırıldığında SGD (Stochastic gradient descent) ve ADAM (Adaptive moment) yöntemlerinin daha iyi olduğu görülmüştür.

3.3. Örnek sayısının eğitim ve testteki etkisi

Epoch: 30
Batch size: 16
Optimizer: SGD

	Örnek Sayısı		
	1000	3000	20000
Eğitim %	100	100	100
Test %	4	4	57

Örnek sayısı arttıkça test başarısının arttığı görülmektedir. Eğitim başarısı değerlerine göre ezberlemenin olduğu da görülmektedir.

3.4. ADAM optimizerının eğitim ve testteki etkisi

Epoch: 30
Örnek sayısı: 5000
Optimizer: ADAM

	Batch Size		
	16	32	64
Eğitim %	94,94	98,2	Hata
Test %	32,9	39,05	Hata

Adam iyileştiricisinin ezberlemeyi azalttığı görülmektedir. Fakat 64 ve üstü batch size değerleri hesaplanamamıştır.

3.5. Öğrenme oranının eğitim ve testteki etkisi

Epoch: 30
Örnek sayısı: 5000
Optimizer: ADAM
Batch size: 32

	Öğrenme Oranı		
	0,01	0.001	0,0001
Eğitim %	92,01	96,3	98,2
Test %	22,1	32,17	39,05

Öğrenme oranı küçüldükçe test başarı değerinin arttığı görülmektedir.

3.6. Alınan örnek sayılarında uygulanan normalleştirme eğitimi ve testteki etkisi

Epoch: 10
Örnek sayısı: 10000
Optimizer: SGD
Batch size: 16

Eğitim %		18,3
Test %		10,45
Eğitim %	+ Batch Norm.	40,28
Test %	(Tam bağlı katmanlar)	13,65
Eğitim %	+ Batch Norm. (Tamamı)	93,84
Test %		23,9

Batch normalization sadece tam bağlı katmanlarda uygulandığında ezberlemenin azaldığı ve test başarısının daha yüksek olduğu görülmüştür.

3.7. Düzenleştiricilerin eğitim ve testteki etkisi

Epoch: 30
Örnek sayısı: 10000
Optimizer: ADAM
Batch size: 32

	Batch Norm (Tamamı) + Droput
Eğitim %	98,08
Test %	43,52

Düğüm seyreltme (Dropout) düzenleştiricisi kullanılarak test başarısının %43,52 olduğu görülmektedir. Düğüm seyreltme kullanılmadan önceki başarısını (%32,17) yaklaşık 12 puan artırmıştır.

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada evrimsel sinir ağlarının VGG-16 modeli kullanılarak hiper parametrelerin başarıdaki etkisi açıklanmıştır. Katman sayısı fazla olan modeller kullanılırken, eğitim aşamasının zahmetli bir süreç olması göz önüne alınarak, parametre seçimlerinin etkisi ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Eğitim sürecinde gri resimlerle çalışılması, süre ve hafıza kullanımında daha etkilidir. Ezberlemenin de gri resimlerde daha az olması nedeni ile bu örnekler üzerinde çalışılmaya devam edilmiştir. Optimizasyon metotlarının başarısı karşılaştırılarak en iyi iki metot kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre örnek ve epoch sayısındaki büyüme, test başarı oranını artırmıştır. Öğrenme oranı

değerindeki küçülmede başarıyı artıran diğer bir etkidir. Batch normalization ve dropout kullanılması ezberlemenin önüne geçerek test başarısında iyileştirme sağlamıştır.

Veri setindeki örnekler farklı sayılarda kullanılarak başarı %4'den %57 ye, hiper parametre değişiklikleri ile başarı %2'den %43,52'ye çıkarılmıştır.

KAYNAKÇA

- 1: Turing, A. M., Computing Machinery and Intelligence. Mind 49: 433-460, 1950.
- 2: Rosenblatt, F., The Perceptron A Perceiving and Recognizing Automaton, 1957.
- 3: Dechter, R., Learning While Searching in Constraint-Satisfaction Problems, 1986
- 4: Lecun, Y., Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition, Proceedings Of The IEEE, Vol. 86, No. 11, November 1998
- 5: Krizhevsky, A., Imagenet Classification with Deep Convolutional Neural Networks, 2012
- 6: Simonyan, K., Zisserman, A., Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, 2015
- 7: He, K., Deep Residual Learning for Image Recognition, 2015
- 8: Ng, H., and Winkler, S., A Data-Driven Approach To Cleaning Large Face Datasets, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Paris, France, Oct. 27-30, 2014.

YÜZ TANIMA SÜRECİNDE FARKLI CNN MODELLERİNİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI

Erkan DUMAN

Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi,

Furkan AKIN

Yük. Lisans Öğrencisi, Fırat
Üniversitesi,

ÖZET

Evrişimsel sinir ağlarının görüntü işlemedeki başarısı bu konudaki eğilimleri artırmıştır. Donanımsal gelişmeler ve büyük veri setleri ile birlikte daha derin modellerin ortaya koyulmuştur. Bu çalışmada, vision & interaction group tarafından hazırlanan FaceScrub veri seti kullanılarak, LeNet-5, AlexNet, VGG16, ResNet ve GoogLeNet mimarileri karşılaştırılmıştır. FaceScrub veri seti ünlü aktör ve aktris resimleri ile oluşturulmuştur. Veri setinde 265 erkek ve 265 kadın olmak üzere 530 sınıf vardır. Her bir sınıf için de farklı sayıda resim bulunmaktadır. Keras kütüphanesi kullanılarak veri seti üzerinde modeller eğitilmiş, test sonuçları paylaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Evrişimel Sinir Ağları, Performans Analizi, Popüler Modeller.

PERFORMANCE COMPARISON OF DIFFERENT CNN MODELS IN FACE RECOGNITION PROCESS

ABSTRACT

The success of convolutional neural networks in image processing has increased the tendencies in this regard. Hardware developments and large data sets have been introduced along with deeper models. In this study, LeNet-5, AlexNet, VGG16, ResNet and GoogLeNet architectures were compared by using FaceScrub data set prepared by vision & interaction group. The FaceScrub data set was created with pictures of famous actor and actress. The data set includes 530 classes, 265 males and 265 females. A different number of pictures are available for each class. Using the Keras library, the models were trained on the data set and the test results were shared.

Key Words: Convolutional Neural Network, Performance Analyse, Popular Models.

1. GİRİŞ

Derin öğrenme, belirli yaklaşımlar kullanarak, makine öğrenimi problemlerini çözmeyi ifade eder ve en popüler yaklaşımdır. Makine öğrenme algoritmamızı bir dizi ayrı katmandan oluşturmamıza dayanmaktadır. Odaklanıldığı amaçlarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Günümüzde, önemli araştırma kuruluşları ve şirketler derin öğrenme yöntemlerini kullanarak çalışmalarını geliştirmektedir.

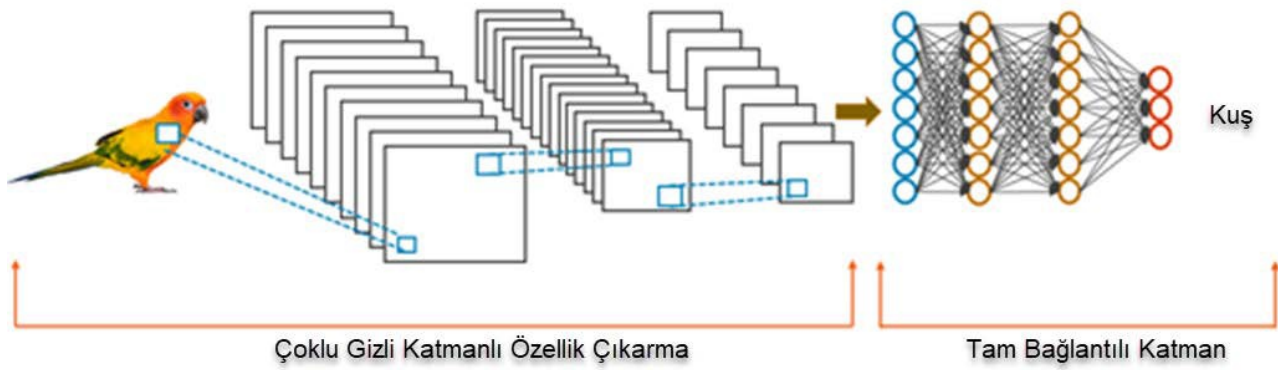
Günümüzde verinin büyümesi ve veriden çıkarılacak bilgilerin çeşitliliği öznitelik çıkarımlarını zorunlu hale getirmektedir. Verinin işlenmesi sürecinde klasik yapay sinir ağları mimarileri yetersiz kalmaktadır. Bu tür problemleri aşmak için Yann LeCun ve ekibi tarafından 1998 yılında evrimsel sinir ağları modeli yayınlanmıştır [1].

2012 yılında, Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever and Geoffrey Hinton tarafından AlexNet modeli çalışması ortaya koyulmuştur. Bu çalışma o yılki ImageNet yarışmasında, sınıflandırma hatası rekorunu %26'dan %15'e düşürerek ilk sırayı almıştır. AlexNet modelinin yarışmada gösterdiği başarı ile derin öğrenme ve evrimsel sinir ağlarını tekrar gün yüzüne çıkarılmıştır. Ayrıca bu gelişme derin öğrenmedeki büyük yükselişin ilk adımıdır [2] (AlexNet).

Evrimsel Sinir Ağlarını çok katmanlı algılayıcıların (Multi Layer Perceptron-MLP) bir türüdür. CNN tabanlı derin öğrenme teknikleri ile 1:1 ve 1:N yüz tanıma uygulamaları gerçekleştirilebilmektedir. 1:1 süreci, bir kişinin veri tabanında kayıtlı resmi ile anlık örnek resim arasında karşılaştırma yaparak o kişi olup olmadığına karar vermektir. Bu ilk aşamada validation denilen kimlik doğrulama yüz tabanlı olarak gerçekleştirilmiş olur. Bir sonraki aşaması 1:N yani bir resim alıp o resmin veri tabanında olup olmadığına ve varsa kime ait olduğuna karar vermektir.

Şekil-1 de gösterildiği gibi evrimsel sinir ağları, konvolüsyon, havuzlama ve tam bağlı katmanlardan oluşur. Konvolüsyon katmanlarında belirli boyutlardaki filtreler ile resimlerdeki kenarlar çıkarılır. Filtreler resim üzerinde gezdirilerek çarpma ve toplama işlemleri uygulanır. Kullanılan filtre sayısı kadar resim çıktısı elde edilir. Bu sayı sonraki katman için boyut değeridir. Resim kenarlarındaki pixellerin etkisini artırmak için pixel ekleme (padding) adımı uygulanabilir. Filtre resim üzerinde gezdirilirken belirli adımlarda ilerleyebilir. Bu işlemede kaydırma (stride) denir.

Havuzlama katmanlarında resim boyutları azaltılır. Maksimum ve ortalama havuzlama gibi yöntemler kullanılabilir. Bu kısım şekil-1 de “Çoklu Gizli Katmanlı Özellik Çıkarma” bölümüdür. En son elde edilen resim düzleştirilerek giriş vektörü haline getirilir ve tam bağlı katman için giriş katmanı olarak kullanılır. Tam bağlı katmanlarda her bir nöron birbirine bağlıdır. Bu kısım da şekil-1 de gösterilen “Tam Bağlantılı Katman” kısmıdır.



Şekil 2: Evrimsel Sinir Ağları

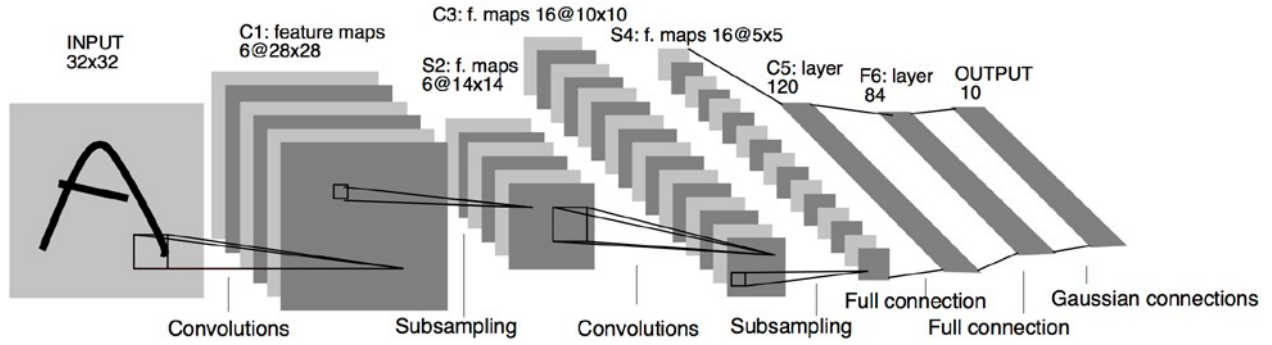
2. YÖNTEM

2.1. Modeller

Evrimsel sinir ağlarının ilk modeli Lenet-5 ve ImageNet yarışmasını kazanan bazı modeller AlexNet, GoogleNet/Inception, VGG-16 ve ResNet bu bölümde açıklanmıştır.

2.1.1. Lenet-5

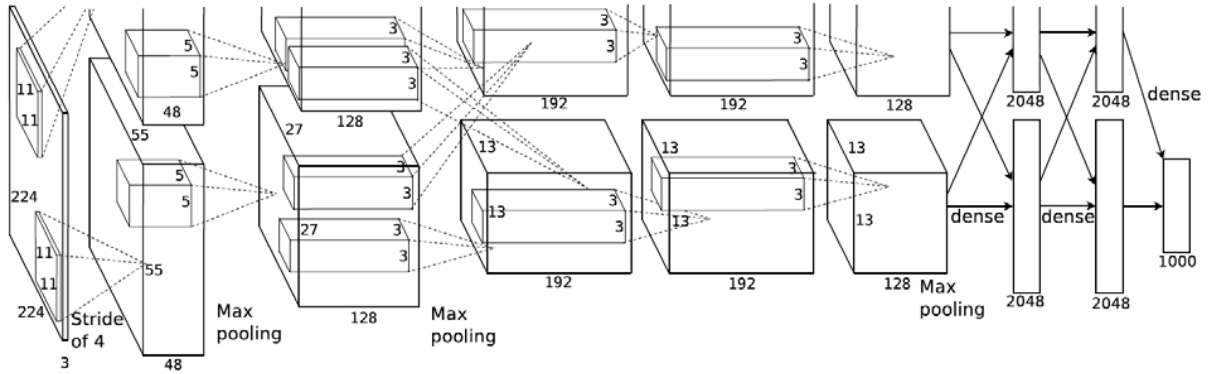
Yann LeCun tarafından ortaya koyulmuştur [1]. İki konvolüsyon katmanı, iki tam bağlı katmandan oluşur. Şekil-2 de Lenet-5 mimarisi gösterilmiştir. MNIST (el ile yazılmış rakamlar) veri seti kullanılmıştır. Veri seti 28x28 boyutunda 60000 resimden oluşmaktadır. Çalışmanın yapıldığı dönemlerdeki imkanlar nedeni ile çok yaygın hale gelememiştir.



Şekil 2: Lenet-5 Mimarisi [1]

2.1.2. AlexNet

Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever ve Geoffrey E. Hinton tarafından 2012 yılında ImageNet yarışmasında kullanılan ve o yılki yarışmayı kazanan modeldir [2]. 5 konvolüsyon ve 3 tam bağlı katmandan oluşmaktadır. Şekil-3 de AlexNet mimarisi gösterilmiştir. 224x224x3 boyutundaki resimler kullanılmıştır. 1000 nesneyi sınıflandıracak şekilde modellenmiştir.



Şekil 3: AlexNet Mimarisi [2]

Model iki GPU'ya dağıtılmış olarak çalışmaktadır. Ezberlemeyi azaltmak için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. ImageNet yarışmasında %26,1 olan Top-5 hata oranını %15,3'e düşürmüştür.

2.1.3. GoogleNet/Inception

Şekil 4: GoogleNet/Inception Mimarisi [3]

Christian Szegedy ve arkadaşları tarafından 2014 yılında “Going deeper with convolutions” isimli makalede ortaya koyulmuştur [3]. 22 katmandan oluşmuştur. Şekil-3 de GoogleNet/Inception mimarisi gösterilmiştir. 224x224x3 boyutundaki resimler kullanılmıştır. 1000 nesneyi sınıflandıracak şekilde modellenmiştir.

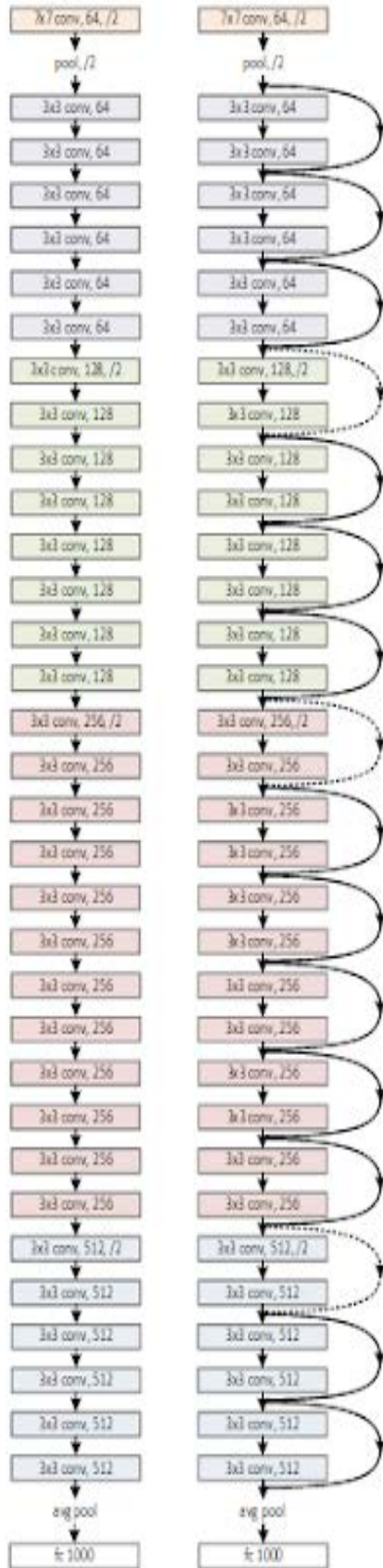
2.1.4. VGG-16

Karen Simonyan ve Andrew Zisserman tarafından 2015 yılında duyuruldu [4]. VGG-16 modeli 13 konvolüsyon, 3 tam bağlı katman olmak üzere 16 katmandan oluşmaktadır. Katmanlar arasında maksimum havuzlama uygulanmıştır. Şekil-5 de VGG modelleri gösterilmiştir. 224x224x3 boyutlarında resimleri girdi olarak kabul etmektedir. 1000 nesneyi sınıflandıracak şekilde modellenmiştir.

ConvNet Configuration			
B	C	D	E
13 weight layers	16 weight layers	16 weight layers	19 weight layers
input (224 × 224 RGB image)			
conv3-64 conv3-64	conv3-64 conv3-64	conv3-64 conv3-64	conv3-64 conv3-64
maxpool			
conv3-128 conv3-128	conv3-128 conv3-128	conv3-128 conv3-128	conv3-128 conv3-128
maxpool			
conv3-256 conv3-256	conv3-256 conv3-256 conv1-256	conv3-256 conv3-256 conv3-256	conv3-256 conv3-256 conv3-256 conv3-256
maxpool			
conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv1-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512 conv3-512
maxpool			
conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv1-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512 conv3-512
maxpool			
FC-4096			
FC-4096			
FC-1000			
soft-max			

Şekil 5: VGG-16 Mimarisi [4]

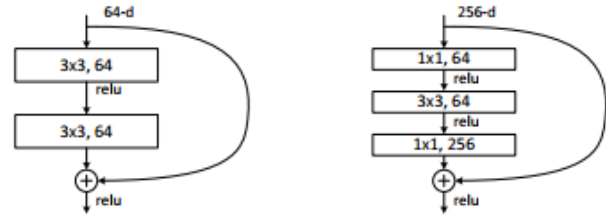
4.1.1. ResNet



Şekil 5: ResNet Mimarisi [5]

Kaiming He, Xiangyu Zhang ve arkadaşları tarafından 2016 yılında tasarlanmış mimaridir [5]. 152 katmandan oluşmaktadır. Şekil-6 da 34 katmanlı model ve ResNet uygulanmış hali gösterilmiştir. 224x224x3 boyutlarında resimleri girdi olarak kabul etmektedir. 1000 nesneyi sınıflandıracak şekilde modellenmiştir.

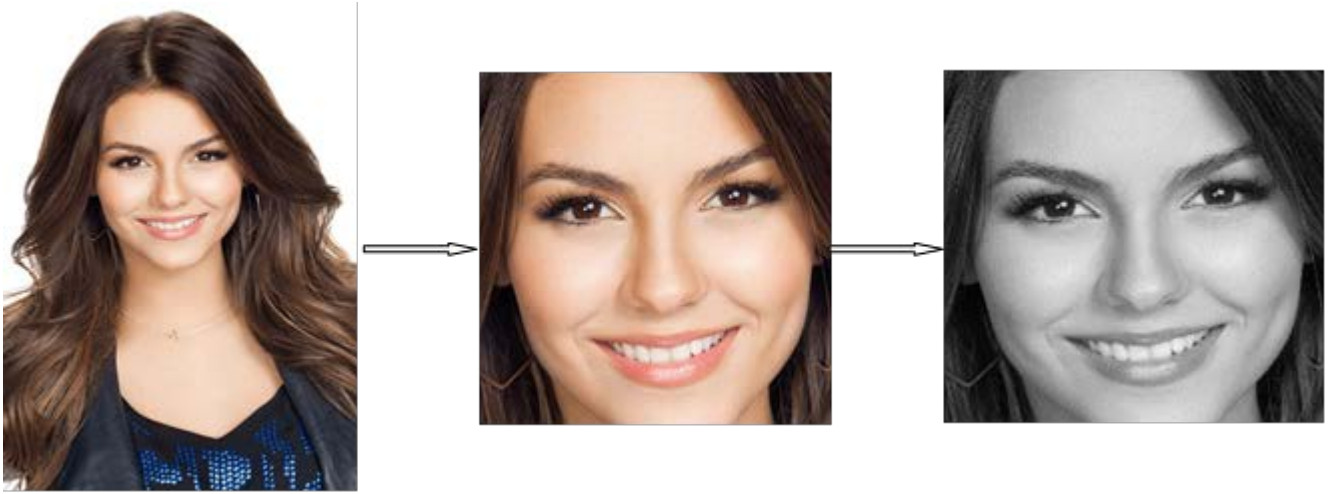
Model şekil-6 da gösterilen residual bloklardan oluşur. Bir katman çıktısı bir sonraki çıktı ile birleştirilerek yeniden filtreleme işlemleri yapılır. ImageNet yarışmasında Top-5 hata oranını %3,6'ya düşürmüştür.



Şekil 6: Residual Fonksiyonu [5]

2.2. Veri Seti

Çalışmamızda FaceScrub [6] veri seti kullanılarak model karşılaştırılması yapılmıştır. Veri setinde erkek ünlü ve kadın ünlülere ait 530 sınıf birleştirilmiştir. İndirilebilen 47747 resimden 200 sınıflık bir veri seti oluşturulmuştur. Colab'daki (Google'ın geliştiricilere sunduğu ücretsiz bulut servisi) kısıtlamalar nedeni ile veri setinde değişiklikler yapılmıştır. Şekil-6 da gösterildiği gibi resimlerden yüz bölgeleri çıkarılarak 224x224x3 olacak şekilde tekrar boyutlandırılmıştır. Sonrasında gri formatına çevrilmiş ve bu ön hazırlık ile verilerin boyutu azaltılmıştır.



Şekil 6: Yüz Bölgesinin çıkarılması ve Gri resimlere dönüştürme

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Eğitim ve test aşamasında örnek sınıfından 5000 resim alınarak eğitim yapılmış ve 2000 örnek ile modeller test edilmiştir. Modellerde herhangi bir ek özellik kullanılmamıştır. Sınıf sayısı 200 ve öğrenme oranı 0,001 alınmıştır. Diğerlerinin aksine ResNet modelinde 10 epoch ile eğitim yapılmıştır. Tablo-1 de modellerin eğitim sonrasında test aşamasındaki başarı değerleri paylaşılmıştır.

Tablo 2: CNN Modellerinin Test Sonuçları

Epoch: 30 ve 10

Batch size: 16

Örnek: 10000

	Test %
Lenet-5	21,2
AlexNet	32,01
GoogleNet/Inception	52,65
VGG-16	39,05
ResNet	73,2

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada popüler modeller kullanılarak yüz tanıma gerçekleştirilmiştir. Lenet-5 modelindeki katman sayısının azlığı başarı oranını düşürmektedir. AlexNet ve VGG-16 modellerinde katman sayısının artması başarıyı artırmıştır. GoogleNet modelinde katmanlar arasında farklı boyutlarda filtreler ve havuzlama işlemleri uygulanarak, ardışık yapıyı değiştirmek başarıyı arttırmaktadır. Ayrıca bu yapı sayesinde hesaplama ve bellek kullanımı da azalmaktadır. ResNet modelinde katman sayısının artışı, bir önceki katman çıktılarının sonraki katmanlar içinde kullanılması başarıyı üst seviyeye taşımıştır. Ayrıca ResNet modelinde eğitim aşamaları kaynak yetersizliği nedeni ile zordur. Eğitim sonuçları genellikle yüzde yüze yakındır. Bu değerler ezberlemenin olduğunu göstermesine rağmen katman sayısı arttıkça test başarı yüzdesi artmıştır. Çeşitli optimize ve regularization adımlarının kullanılması ve hiper- parametrelerin iyileştirilmesi, ezberlemenin önüne geçerek, test başarı oranını artıracaktır. Başarı yüzdesini yaklaşık %53 ve %73'e çıkaran GoogleNet ve ResNet modelleri bundan sonraki çalışmalarımda daha iyi sonuçlar elde etmek için kullanılacak modellerdir.

KAYNAKÇA

- 1: Lecun, Y., Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition, Proceedings Of The IEEE, Vol. 86, No. 11, November 1998
- 2: Krizhevsky, A., Imagenet Classification with Deep Convolutional Neural Networks, 2012 3: Szegedy, C., Going Deeper with Convolutions, 2014
- 4: Simonyan, K., Zisserman, A., Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, 2015
- 5: He, K., Deep Residual Learning for Image Recognition, 2015
- 6: Ng, H., and Winkler, S., A Data-Driven Approach To Cleaning Large Face Datasets, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Paris, France, Oct. 27-30, 201

ANTİMİKROBİYAL PEPTİDLERİN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ

Murat ESER

Fen Bilimleri Enstitüsü, Yalova Üniversitesi, 77200 Yalova, Türkiye

Doç.Dr. Murat GÖK

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yalova Üniversitesi, Yalova,

ÖZET

Antimikrobiyal peptidler, temel savunma peptidleri olarak adlandırılır ve doğal immün tepkisinin evrimsel olarak korunan bir bileşenidir ve tüm yaşam sınıfları arasında bulunur. Antimikrobiyal peptidler Anticancer, Antihiv, Antiviral, Antifungal gibi birden fazla kategoride sınıflandırılır. Antimikrobiyal peptidler geniş bir antimikrobiyal aktivite alanı olan peptid antibiyotiklerdir. Bu sayede antimikrobiyal peptidler geniş etkinlik alanına bağlı olarak birçok ilaca dirençli patojenlerle mücadelede için umut vermektedir. Mikrobiyal karşıtı peptidlerin amino asit dizilimlerinin etkinlik tahmini en etkili olarak hesaplamalı yöntemler ile yapılmaktadır. Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada, bir makine öğrenmesi modeli ile antimikrobiyal peptidleri tahmin ettik. Composition Moment Vector yöntemi ile kodladığımız peptid dizilimlerini çeşitli sınıflandırıcı algoritmalar ile sınıflandırdık. Buna göre en iyi performansı %95,21 sınıf doğruluğu, %91,84 duyarlılık ve %98,58 özgünlük değeri ile destek vektör makineleri algoritması verdi.

Anahtar Kelimeler: Peptid, Destek Vektör Makineleri, Sınıflandırma

ABSTRACT

Antimicrobial peptides are peptide antibiotics with a broad range of antimicrobial activity. In this way, antimicrobial peptides are promising candidates in the fight against many drug-resistant pathogens due to their wide range of activities. The efficacy of the amino acid sequences of microbial peptides is estimated in terms of cost, time and cost. When the costs are considered, computational methods come to the fore. In this study, we predicted antimicrobial peptides with a machine learning model. We updated the peptide sequences we encoded with the Composition Moment Vector method with the SpreadSubSample filter and classified it with various classifier algorithms. According to this, the best performance was given by the support vector machines algorithm, which is 95,21 % class accuracy, 91,84 % sensitivity and 98,58 % specificity value.

Keywords: Peptide, Support Vector Machines, Classification

1. GİRİŞ

Her yıl dünyada milyonlarca insana antibiyotik dirençli enfeksiyon tanısı konulmaktadır. Doğal bağışıklık için antipatojen peptidlerin keşfedilmesi birçok organizma açısından umut vaat edicidir. Antimikrobiyal peptidlerin (AMP) dirençli bakterileri bile öldürmedeki etkinliği, son yirmi yılda AMP'leri karakterize etme ve dirençli bakterilerle savaşmak için etkili bir şekilde nasıl kullanılabileceği konusunda önemli araştırmalara yol açtı [1]. Antimikrobiyal peptidler doğada yaygın şekilde dağılmış geniş bir endojen bileşik grubunu temsil eder [2]. Antibakteriyel, antikanser, antiviral, antifungal, anti-enflamatuar ve immünomodülatör özellikleri gibi geniş antimikrobiyal aktivite spektrumları sayesinde, AMP'ler, patojenik mikroorganizmaların çoklu ilaç direncinin arttırılması sorununu çözebilecek yeni antimikrobiyal ilaçların geliştirilmesi için bir model haline gelmiştir [3].

Makine öğrenmesi algoritmaları antimikrobiyal peptidleri ve antimikrobiyal olmayan peptidleri ayırmada başlıca kullanılan tekniktir. Makine öğrenmesi arka planda bilişimsel hesaplamaları kullanarak etkili sınıflandırma işlemi yapmaktadırlar. Bilişimsel hesaplamalar, antimikrobiyal peptidlerin belirlenmesinde hangi özelliklerin ilgili olduğu üzerine yoğunlaşmıştır. Dizilim tabanlı bilişimsel hesaplama araçları antimikrobiyal peptidlerin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Bu doğrultuda yapılan çalışmalarda iAMP-2L [4], CAMP [5], EFC-FCBF [6], Ampep [2], iAMPpred [7], AVPPred [8], ClassAMP [9] gibi bilişimsel hesaplama araçlar antimikrobiyal peptidleri belirlemek için geliştirilmiştir. Makine öğrenmesinin uygulamalarında tahmin edicinin gücü özellik uzayına dayanmaktadır. Örneğin Xiao ve arkadaşları çok seviyeli sınıflandırıcı olan iAMP-2L, antimikrobiyal peptidleri ve bunların faaliyetlerini belirsiz K en yakın komşu algoritması ve 46 özellikli pseudo-amino acid composition ile tahmin etmek için tasarlamışlardır [4]. Gerçekleştirdikleri çalışmada Xiao ve arkadaşları antimikrobiyal peptidleri %92,23 doğruluk oranıyla sınıflandırma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Waghu ve arkadaşları CAMP yönteminde antimikrobiyal peptidleri rastgele orman, destek vektör makineleri, yapay sinir ağları ve diskriminant analizi sınıflandırıcıları ve 257 özellik uzayı ile sınıflandırmışlardır [5]. Veltri ve arkadaşları EFC-FCBF yöntemi ile antimikrobiyal peptidleri, Evolutionary Feature Construction

olarak isimlendirdikleri özellik çıkarımı algoritması ile 40 özellik çıkarımı yapıp, genetik programlama ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirmişlerdir [6]. Bhadra ve arkadaşları Ampep yöntemi ile antimikrobiyal peptidleri, amino acid properties yöntemi ile 23 özellik çıkarımı yapıp, rastgele orman algoritması ile sınıflandırma işlemi yapmışlardır [2]. Meher ve arkadaşları iAMPpred yöntemi ile antimikrobiyal peptidleri, amino acid composition, normalized amino acid composition ve pseudo amino acid composition yöntemleri ile ayrı ayrı 20 adet özellik çıkarımı yapıp doğrusal vektör makineleri kullanarak sınıflandırmışlardır [7]. Thakur ve arkadaşları AVPPred yöntemi ile antimikrobiyal peptidleri, amino acid composition yöntemi ile 20 adet özellik çıkarıp doğrusal vektör makineleri ile sınıflandırmışlardır [8]. Joseph ve arkadaşları ClassAMP yöntemi ile antimikrobiyal peptidleri, amino acid composition, fizikokimyasal özellikler ve Blosum 50 benzerlik matrisi kullanarak yöntemi ile 257 adet özellik çıkarımı yapıp rastgele orman ve doğrusal vektör makinelerini kullanarak sınıflandırmıştır [9].

Antimikrobiyal peptidler üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde dizilim tabanlı metotların daha etkili sonuçlar verdiği görülmektedir. Dizilim tabanlı özellik çıkarım yöntemleri proses.yalova.edu.tr adresinden incelenebilir [10]. Bizim önerdiğimiz yöntemde Composition Moment Vector yöntemiyle peptidlere ait 40 adet özellik çıkarılmıştır. Sınıflandırıcı olarak naive bayes, destek vektör makineleri ve çok katmanlı algılayıcı sınıflandırıcı algoritmalar ile sınıflandırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda önerilen yöntemin var olan yöntemlerden daha iyi performans göstermiştir.

2. YÖNTEMLER

2.1. Veri seti

Gerçekleştirilen çalışmada 3175 adet peptid içeren eğitim ve 1840 adet peptid içeren test örneğine sahip benchmark veri seti kullanılmıştır. Veri setinde bulunan peptidler birbirlerinden farklı uzunluğa sahiptir. Eğitim veri setinde 770 antimikrobiyal peptid ve 2405 adet antimikrobiyal olmayan peptid yer almaktadır. Test veri setinde 920 antimikrobiyal peptid ve 920 adet antimikrobiyal olmayan peptid yer almaktadır [4].

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada veri setinde bulunan peptidler arasında eşleşme skoru yöntemi ile benzerlik analizi gerçekleştirdik. Diğer bir ifade ile veri setinde bulunan her bir peptidin diğer

peptidler ile olan benzerlik yüzdesi hesaplanmıştır. Buna göre, peptidler arasında en fazla %30 benzerlik olduğu görülmüştür.

2.2. Sınıflandırıcı Algoritmalar

2.2.1. Destek Vektör Makineleri (DVM)

Destek Vektör Makineleri, Vapnik tarafından geliştirilen Destek vektör makinelerinin temeli istatistiksel öğrenme teorisine dayanmaktadır. DVM algoritmasında özellik uzayı olarak isimlendirilen ve içerisinde en uygun aşırı düzlemlerin belirlendiği yüksek boyutlu bir uzayı haritalandırmaktadır. Haritalandırılan bu uzay eğitim verileri sayesinde oluşturulmaktadır [11]. DVM'nin temel çıkış noktası, sınıf sayısına göre sınıf üyeleri arasında, bu sınıfları birbirinden ayıran sonsuz sayıdaki doğru içinden marjini en yüksek doğruyu seçerek sınıflandırmayı gerçekleştirmeye çalışmaktır. Oluşan marjin doğrusu sınıf üyelerinin seçilen doğruya en yakın olan üyelerine paralel olmalıdır. Çizilen doğrulara hiperdüzlem adı verilmektedir. [12]

2.2.2. Naive Bayes (NB)

Bayes teoremi, olasılık kuramı içerisinde incelenen konulardan biridir. İsmi 1701-1761 yılları arasında yaşamış olan Thomas Bayes'ten almaktadır. Bayes teoreminde, rastlantısal değişken için olasılık dağılımı içerisinde şartlı olasılıklar ile marjinal olasılıklar arasındaki ilişkiyi göstermeye çalışır. Olasılık teorisi içinde incelenen bir olay olarak B olayına şartlı bir A olayı (yani B olayının bilindiği halde A olayı) için olasılık değeri, A olayına şartlı olarak B olayı (yani A olayı bilindiği haldeki B olayı) için olasılık değerinden farklıdır. Ancak bu iki birbirine ters şartlılık arasında çok belirli bir ilişki vardır ve bu ilişkiye Bayes Teoremi adı verilmektedir [13].

2.2.3. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)

Tek katmanlı algılayıcıların doğrusal olmayan problemlerin çözümünde başarısız olmasının üzerine geliştirilen çok katmanlı algılayıcılar, bilgi girişinin yapıldığı girdi katmanı, bir veya daha fazla gizli (ara) katman ve bir çıktı katmanından oluşmaktadır. Çok katmanlı algılayıcılarda katmanlar arası ileri ve geri yayılım olarak adlandırılan geçişler bulunur. İleri yayılım safhasında, ağırlık çıkışı ve hata değeri hesaplanır. Geri yayılım safhasında ise hesaplanan hata değerinin minimize edilmesi için katmanlar arası bağlantı ağırlık değerleri güncellenir [14].

Bilgi girişinin yapıldığı, bilgilerin işlendiği, çıktıların elde edildiği girdi, ara(gizli) ve çıktı katmanlarından oluşmaktadır. Genellikle geri yayılım algoritması kullanılmaktadır. İlk aşamada girdilere ait rastgele ağırlıklar üretilmektedir. Giriş katmanında girdiler elde edilerek ara katmana iletilir. Ara katman bir veya daha fazla olup her katman farklı sayıda işlem elemanına sahip olabilir. Ara katmanda ağırlıklar, girdiler ve eşik değeri ile toplam değer elde edilir. Toplam değer aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek net değer elde edilir. Net değer bir sonraki ara katmana veya çıktı katmanına iletilir. Ara katmanın bütün işlem elemanları ve çıktı katmanının işlem elemanlarının çıktıları aynı şekilde kendilerine gelen net girdinin hesaplanması ve aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesi sonucu belirlenirler.

Başlangıçta verilen girdilere ait çıktılar ile ağırlık ürettiği çıktılar karşılaştırılır. Aradaki fark hata olarak kabul edilir. Elde edilen hata değeri algılayıcı modelin ağırlıklarına dağıtılarak bir sonraki iterasyonda hatanın azaltılması hedeflenir. Çıktı katmanındaki her işlem elemanına ait hata değerini azaltmak için hatalar ağırlıklara dağıtılır. Ağırlıkların güncellenmesi girdi katmanına kadar devam eder. Bu şekilde geri yayılım izlenerek bir sonraki iterasyonda katmanlardaki ağırlıklar güncellenerek çıktı katmanındaki hata en aza indirilir.

2.3. Composition Moment Vector

Composition Moment Vector, amino asit dizilimi ile ilgili fonksiyonel bir ilişki sağlamaktadır. Birincil AA dizisi, AA bileşimi ve konumu hakkında bilgi içerir. Bununla birlikte, kompozisyon vektörü pozisyon bilgisini tamamen reddeder. Bu nedenle Ruan ve arkadaşları tarafından, AA'nın hem kompozisyonu hem de pozisyonu hakkında bilgiler içeren yeni bir ölçüm, kompozisyon momenti vektör önerilmiştir. Kompozisyon vektörünün aksine, yapı içeriği ile fonksiyonel bir ilişki sağlar, yani farklı yapı içeriğine sahip olacak iki veya daha fazla primer AA sekansı değil, aynı kompozisyon moment vektörü olmalıdır [15].

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Çalışma sonuçlarını değerlendirmek için 5 farklı metrik kullanılmıştır. Kullanılan metriklerin hesaplanmasında karmaşıklık matrisinden yararlanılır. Tablo 1'de karmaşıklık matrisi görülmektedir.

Tablo 1. Karmaşıklık Matrisi

		Gerçek	
		Pozitif	Negatif
Tahmin	Pozitif	Doğru Pozitif (DP)	Yanlış Negatif (YN)
	Negatif	Yanlış Pozitif (YP)	Doğru Negatif (DN)

Doğruluk; sınıflandırıcı algoritmanın doğru tahmin ettiği pozitif ve negatif örnek sayısının, veri kümesinde yer alan tüm örneklerle oranıdır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP + DN}{DP + DN + YP + YN} \quad (1)$$

Duyarlılık; sınıflandırıcı algoritmanın doğru tahmin ettiği pozitif örnek sayısının, doğru tahmin edilen pozitif örnek sayısı ile yanlış tahmin edilen pozitif örnek sayısına oranıdır.

$$\text{Duyarlılık} = \frac{DP + DN}{DP + DN + YP + YN} \quad (2)$$

Özgünlük; sınıflandırıcı algoritmanın doğru tahmin ettiği negatif örnek sayısının, doğru tahmin edilen negatif örnek sayısı ile yanlış tahmin edilen negatif örnek sayısına oranıdır.

$$\text{Özgünlük} = \frac{DN}{DN + YN} \quad (3)$$

F1-değeri; duyarlılık ve kesinlik değerlerinin harmonik ortalaması ve elde edilen test verilerinin doğruluğunun ölçümüdür.

$$F1 - \text{değeri} = \frac{2 \cdot \text{Duyarlılık} * \text{Kesinlik}}{\text{Duyarlılık} + \text{Kesinlik}} \quad (4)$$

Ayrıca, gerçekleştirdiğimiz çalışmanın başarısının rastlantı sonucu olmadığını kanıtlayabilmek için

Chi-square [16] hesaplama yöntemi kullanılarak gerçek değerler ve tahmin edilen sonuçlara dair p-value hesaplanmıştır. Elde edilen 0,001 değeri, eşik değeri 0.05 in altındadır.

Problem üzerinde sınıflandırıcı algoritmaların sınıf doğruluğu, duyarlılık, özgünlük ve roc alanı sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Sınıflandırma Algoritmalarının Başarım Metrikleri

Sınıflandırma Algoritması	Doğruluk (%)	Duyarlılık (%)	Özgünlük (%)	F1-değeri	Roc Alanı
NB	92.22	95.97	88.47	0.92	0.90
ÇKA	94.94	91.19	98.69	0.94	0.98
DVM	95.21	91.84	98.58	0.95	0.95

Önerilen yöntem ile antimikrobiyal peptidlerin tahmin edilmesinde, DVM algoritması kullanarak %95,21 doğruluk, %91,84 duyarlılık, %98,58 özgünlük, 0,95 F1-değeri ve 0,95 roc alanı değerleri elde edilmiştir. ÇKA ile antimikrobiyal peptidler tahmin edilerek, %94,94 doğruluk, %91,19 duyarlılık, %98,69 özgünlük, 0,94 F1-değeri ve 0,98 roc alanı değerleri elde edilmiştir. NB ile antimikrobiyal peptidler tahmin edilerek, %92,22 doğruluk, %95,97 duyarlılık, %88,47 özgünlük, 0,92 F1-değeri ve 0,90 roc alanı değerleri elde edilmiştir.

Önerilen yöntem ve farklı yöntemlerin aynı veri seti üzerinde elde ettiği sonuçlar Tablo 3’de görülmektedir.

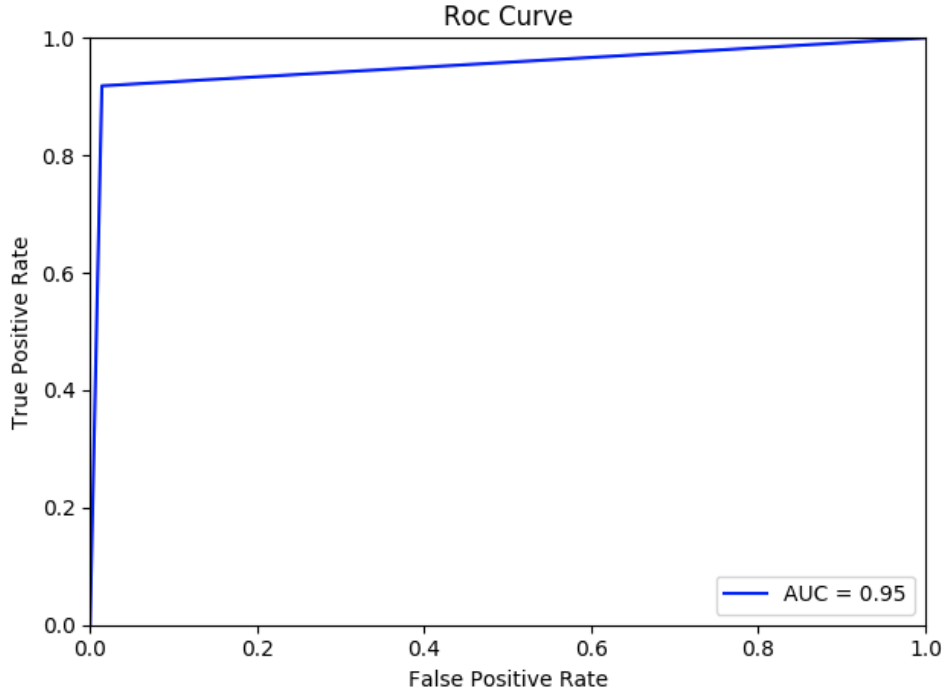
Tablo 3. Önerilen Yöntemin iAMP-2L Yöntemi ile Karşılaştırılması

Model	Sınıflandırma	Doğruluk (%)	Duyarlılık (%)	Özgünlük (%)	Mcc
Önerilen yöntem	DVM	95.21	91.84	98.58	0.90
iAMP-2L	FKNN	92.23	97.72	86.74	0.84

Önerilen yöntemin diğer çalışmalardan doğruluk, özgünlük ve mcc başarım metriklerine göre daha yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmada DVM sınıflandırıcı algoritması ile iAMP-2L yöntemine göre doğruluk metriğinde %2,98, özgünlük metriğinde %11,84 ve Mcc metriğinde 0,06 yaklaşık değerleri ile daha başarılı sonuçlar elde ettik. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada yöntemimiz ile doğruluk, özgünlük ve

mcc değerlerinde karşılaştırdığımız metotlara göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca gerçekleştirdiğimiz çalışmada kullandığımız çok katmanlı algılayıcı ve naive bayes sınıflandırma algoritması, yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında doğruluk ve özgünlük başarımlerinde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 2’de modelimizin Roc eğrisi görülmektedir.



Şekil 2. Roc eğrisi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada peptid dizilimlerinin antimikrobiyal olup olmadıklarının tahmin edilmesi üzerine makine öğrenmesi algoritmaları ile sınıflandırma yaptık. Veri ön işleme adımında composition moment vector özellik çıkarımı yöntemini kullandık. Sınıflandırma aşamasında çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları kullandık. En iyi sonucu DVM ile elde ettik. Sonraki çalışmalarımızda performansı geliştirmek için veri ön işleme safhasında farklı protein kodlama yöntemleri ve birleştirilmiş sınıflandırıcı algoritmaları kullanmayı planlamaktayız.

Referanslar

1. C. D. Fjell, J. A. Hiss, R. E. Hancock, and G. Schneider, "Designing antimicrobial peptides: Form follows function," *Nat. Rev. Drug Discov.*, vol. 11, no. 1, pp. 37–51, 2012.
2. Bhadra, P., Yan, J., Li, J., Fong, S., & Siu, S. W. (2018). AmPEP: Sequence-based prediction of antimicrobial peptides using distribution patterns of amino acid properties and random forest. *Scientific reports*, 8(1), 1697.
3. Park, S.-C., Park, Y. & Hahm, K.-S. The role of antimicrobial peptides in preventing multidrug-resistant bacterial infections and biofilm formation. *Int. J. Mol. Sci.* 12, 5971–92 (2011).
4. Xiao, X., Wang, P., Lin, W.-Z., Jia, J.-H. & Chou, K.-C. iAMP-2L: A two-level multi-label classifier for identifying antimicrobial peptides and their functional types. *Anal. Biochem.* 436, 168–177 (2013).
5. Waghu, F. H., Gopi, L., Barai, R. S., nd Bilal Nizami, P. R. & Idicula-Thomas, S. CAMP: Collection of sequences and structures of antimicrobial peptides. *Nucleic Acids Res.* 42, D1154–D1158 (2014).
6. Veltri, D., Kamath, U., & Shehu, A. (2017). Improving recognition of antimicrobial peptides and target selectivity through machine learning and genetic programming. *IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics*, 14(2), 300-313.
7. Meher, P. K., Sahu, T. K., Saini, V. & Rao, A. R. Predicting antimicrobial peptides with improved accuracy by incorporating the compositional, physico-chemical and structural features into Chou's general PseAAC. *Sci. Rep.* 12, 42362 (2017).
8. Thakur, N., Qureshi, A. & Kumar, M. AVPpred: collection and prediction of highly effective antiviral peptides. *Nucleic Acids Res.* 40, W199–W204 (2012).
9. Joseph, S., Karnik, S., Nilawe, P., Jayaraman, V. K. & Idicula-Thomas, S. ClassAMP: a prediction tool for classification of antimicrobial peptides. *IEEE/ACM Trans. Comput. Biol. Bioinform.* 9(5), 1535–1538 (2012).
10. İrfan Kösesoy, Murat Gök, and Cemil Öz. "PROSES: A Web Server for Sequence-Based Protein Encoding." *Journal of Computational Biology* 25.10 (2018): 1120-1122.
11. Zhi-qiang, Jiang, Fu Hang-guang ve L. I. Ling-jun. "Support vector machine for mechanical faults classification." *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A* 6.5 (2005): 433-439.
12. Bilgin, M. 2018 Makine Öğrenmesi: Teorisi ve Algoritmaları (İstanbul : Papatya Bilim)
13. Stigler, Stephen M. "Thomas Bayes's bayesian inference." *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* (1982): 250-258.
14. Arı, A., Berberler, M. Yapay Sinir Ağları ile Yaklaşım ve Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü İçin Arayüz Tasarımı. *Acta INFOLOGICA*, 1.2: 55-73.
15. Ruan, J., Wang, K., Yang, J., Kurgan, L. A., & Cios, K. (2005). Highly accurate and consistent method for prediction of helix and strand content from primary protein sequences. *Artificial Intelligence in Medicine*, 35(1-2), 19-35.
16. PLACKETT, Robin L. Karl Pearson and the chi-squared test. *International Statistical Review/Revue Internationale de Statistique*, 1983, 59-72.

SOME RESULTS IN A CLASS OF SYMMETRIC NUMERICAL SEMIGROUPS

Sedat İLHAN

Dicle University, Faculty of Science,
 Department of Mathematics, Diyarbakır, TURKEY

1. Introduction

Let $\mathbb{N}$ and $\mathbb{Z}$ be nonnegative integer set and integer set, respectively. $S \subseteq \mathbb{N}$, S is called a numerical semigroup if

- (i) $k + m \in S$, for $k, m \in S$
- (ii) $\gcd(S) = 1$
- (iii) $0 \in S$

(Here, $\gcd(S)$ = greatest common divisor the elements of S).

A numerical semigroup S can be written that

$$S = \langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle = \left\{ \sum_{i=1}^n k_i v_i : k_i \in \mathbb{N} \right\} \quad (\text{for detail see [4]).}$$

$T \subseteq \mathbb{N}$ is minimal system of generators of S if $\langle T \rangle = S$ and there isn't any subset $K \subsetneq T$ such that $\langle K \rangle = S$. Also, $m(S) = \min \{x \in S : x > 0\}$ is called as multiplicity of S (See [3]). Let S

be a numerical semigroup, then $F(S) = \max(\mathbb{N} \setminus S)$ is called as Frobenius number of S .

$n(S) = \text{Card}(\{0, 1, 2, \dots, F(S)\} \cap S)$ is called as the determiner number of S . (see [5]).

If S is a numerical semigroup such that $S = \langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle$, then we observe that

$$S = \langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle = \{s_0 = 0, s_1, s_2, \dots, s_{n-1}, s_n = F(S) + 1, \dots\},$$

where $s_i < s_{i+1}$, $n = n(S)$ and the arrow means that every integer greater than $F(S) + 1$ belongs to S for $i = 1, 2, \dots, n = n(S)$. (see [6]).

If $u \notin S$ and $u \in S$, then u is called gap of S . We denote the set of gaps of S , by $H(S)$, i.e., $H(S) = \mathbb{N} \setminus S$. The $G(S) = \#(H(S))$ is called the genus of S . It known that $G(S) = F(S) + 1 - n(S)$. (see [4]).

S is called symmetric numerical semigroup if $F(S) - a$ belongs to S , for $a \in \mathbb{N} \setminus S$. It is know the numerical semigroup $S = \langle u_1, u_2 \rangle$ is symmetric and $F(S) = u_1 u_2 - u_1 - u_2$. In this case, we write $n(S) = \frac{F(S) + 1}{2}$ (see [1]).

A numerical semigroup S is called Arf if $b_1 + b_2 - b_3 \in S$, for all $b_1, b_2, b_3 \in S$ such that $b_1 \geq b_2 \geq b_3$. The smallest Arf numerical semigroup containing a numerical semigroup S is called the Arf closure of S , and it is denoted by $\text{Arf}(S)$. (for detail see [2, 3]).

If S is a numerical semigroup such that $S = \langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle$, then $L(S) = \langle v_1, v_2 - v_1, v_3 - v_1, \dots, v_n - v_1 \rangle$ is called Lipman numerical semigroup of S , and it is known that

$$L_0(S) = S \subseteq L_1(S) = L(L_0(S)) \subseteq L_2 = L(L_1(S)) \subseteq \dots \subseteq L_m = L(L_{m-1}(S)) \subseteq \dots \subseteq \mathbb{N}. \text{ (see [7]).}$$

In this paper, we will give some results about the numerical semigroups such that $S_k = \langle 4, 4k + 3 \rangle$ where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$. Also, we will obtain Arf closure of these symmetric numerical semigroups.

MAIN RESULTS

Theorem 1. Let $S_k = \langle 4, 4k + 3 \rangle$ be numerical semigroups, where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$. Then, we have

$$(a) \quad F(S_k) = 12k + 5$$

$$(b) \quad n(S_k) = 6k + 3$$

$$(c) \quad G(S_k) = 6k + 3$$

Proof. Let $S_k = \langle 4, 4k + 3 \rangle$ be numerical semigroups, where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$. Then, S_k is symmetric and we find that (a) $F(S_k) = 4(4k + 3) - 4 - 4k - 3 = 12k + 5$.

$$(b) n(S_k) = \frac{F(S_k) + 1}{2} = \frac{12k + 5 + 1}{2} = 6k + 3. (c) G(S_k) = 12k + 5 + 1 - 6k - 3 = 6k + 3 \text{ from } G(S_k) = F(S_k) + 1 - n(S_k).$$

Theorem 2. Let $S_k = \langle 4, 4k + 3 \rangle$ be numerical semigroups, where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$. Then,
 $Arf(S_k) = \{0, 4, 8, 12, \dots, 4k, 4k + 3, \dots\}$

Proof. Let $S_k = \langle 4, 4k + 3 \rangle$ be numerical semigroups, where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$. Then, we have

$$L_0(S_k) = S_k = \{0, 4, \dots\}, m_0 = 4.$$

$$L_1(S_k) = L(L_0(S_k)) = \langle 4, 4k - 1 \rangle = \{0, 4, \dots\}, m_1 = 4.$$

$$L_2(S_k) = L(L_1(S_k)) = \langle 4, 4k - 5 \rangle = \{0, 4, \dots\}, m_2 = 4.$$

...

$$L_{k-1}(S_k) = \langle 4, 5 \rangle = \{0, 4, 5, 8, 9, 10, 12, \dots\}, m_{k-1} = 4.$$

$$L_k(S_k) = \langle 4, 1 \rangle = \langle 1 \rangle = \mathbb{N}, m_k = 1.$$

In this case, we obtain $Arf(S_k) = \{0, 4, 8, 12, \dots, 4k, 4k + 3, \dots\}$.

Corollary 3. Let $S_k = \langle 4, 4k + 3 \rangle$ be numerical semigroups, where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$. Then, we have

$$(a) F(S_k) = 3F(Arf(S_k)) - 1$$

$$(b) n(S_k) = 6n(Arf(S_k)) - 3$$

$$(c) G(S_k) = 2G(Arf(S_k)) - 1$$

Proof. Let $S_k = \langle 4, 4k + 3 \rangle$ be numerical semigroups, where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$. We write that

$$F(Arf(S_k)) = 4k + 2 \text{ from Theorem 2, and } 3F(Arf(S_k)) - 1 = 3(4k + 2) - 1 = 12k + 5 = F(S_k).$$

We find that $n(Arf(S_k)) = \#\{0, 1, 2, \dots, 4k + 2\} \cap Arf(S_k) = \#\{0, 4, 8, \dots, 4k\} = k + 1$ and

$$6n(Arf(S_k)) - 3 = 6(k + 1) - 3 = 6k + 3 = n(S_k) \text{ Thus, we obtain}$$

$G(Arf(S_k)) = 4k + 2 + 1 - k - 1 = 3k + 2$ since $G(Arf(S_k)) = F(Arf(S_k)) + 1 - n(Arf(S_k))$. So, we have $2G(Arf(S_k)) - 1 = 2(3k + 2) - 1 = 6k + 3 = G(S_k)$.

Corollary 4. Let $S_k = \langle 4, 4k + 3 \rangle$ be numerical semigroups, where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$. Then, it satisfies following conditions:

$$(a) F(S_{k+1}) = F(S_k) + 12$$

$$(b) n(S_{k+1}) = n(S_k) + 6$$

$$(c) F(Arf S_{k+1}) = F(Arf S_k) + 4.$$

Proof. Let $S_k = \langle 4, 4k + 3 \rangle$ be numerical semigroups, where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$. Then, we find ;

$$(a) F(S_{k+1}) = 12(k+1) + 5 = (12k + 5) + 12 = F(S_k) + 12.$$

$$(b) n(S_{k+1}) = 6(k+1) + 3 = (6k + 3) + 6 = n(S_k) + 6.$$

$$(c) F(Arf(S_{k+1})) = 4(k+1) + 2 = (4k + 2) + 4 = F(Arf(S_k)) + 4.$$

Example 5. We put $k = 2$ in $S_k = \langle 4, 4k + 3 \rangle$ symmetric numerical semigroups. Then we have $S_2 = \langle 4, 11 \rangle = \{0, 4, 8, 11, 12, 15, 16, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, \dots\}$. In this case, we obtain

$$F(S_2) = 29, n(S_2) = 15, H(S_2) = \{1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 21, 25, 29\},$$

$$G(S_2) = 15, Arf(S_2) = \{0, 4, 8, 11, \dots\}, F(Arf(S_2)) = 10, n(Arf(S_2)) = 3,$$

$$H(Arf(S_2)) = \{1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10\} \text{ and } G(Arf(S_2)) = 8.$$

If $k = 3$ then we write

$$S_3 = \langle 4, 15 \rangle = \{0, 4, 8, 12, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, \dots\}. \text{ Thus, we have}$$

$$F(S_3) = 41, n(S_3) = 21, G(S_3) = 21, Arf(S_3) = \{0, 4, 8, 12, 15, \dots\}, F(Arf(S_3)) = 14,$$

$$n(Arf(S_3)) = 4 \text{ and } G(Arf(S_3)) = 11.$$

$$\text{So, we write that } 3F(Arf(S_2)) - 1 = 3 \cdot 10 - 1 = 29 = F(S_2),$$

$$2G(Arf(S_2)) - 1 = 2 \cdot 8 - 1 = 15 = G(S_2), 6n(Arf(S_2)) - 3 = 6 \cdot 3 - 3 = 15 = n(S_2),$$

$$F(S_2) + 12 = 29 + 12 = 41 = F(S_3), n(S_2) + 6 = 15 + 6 = 21 = n(S_3) \text{ and}$$

$$F(Arf(S_2)) + 4 = 10 + 4 = 14 = F(Arf(S_3)).$$

REFERENCES

- [1] J.C. Rosales, Fundamental gaps of numerical semigroups generated by two elements, Linear Algebra and its Applications, 405,(2005), 200-208.
- [2] J.C. Rosales, P.A.Garcia-Sanchez, J.I.Garcia-Garcia and M.B.Branco, Arf numerical semigroups, J.Algebra, 276,(2004),3-12.

- [3]** S. İlhan and H.İ. Karakaş, Arf numerical semigroups, Turkish journal of Mathematics, 41, (2017),1448-1457.
- [4]** J.C. Rosales and P.A. Garcia-Sanchez, Numerical semigroups. New York: Springer 181, 2009.
- [5]** R. Froberg, C. Gotlieb, and R. Haggkvist, On numerical semigroups. *Semigroup Forum*, 35, (1987), 63-68.
- [6]** M.D'anna,, Type Sequences of Numerical Semigroups, Semigroup Forum 56 (1998), 1-31 .
- [7]** J. Lipman, Stable ideals and Arf rings, Amer. J. Math.,93, (1971),649-685.

THE RESULTS ON A FAMILY OF TELESCOPIC NUMERICAL SEMIGROUPS

Prof. Dr. Sedat İLHAN

Dicle University, Faculty of Science,
Department of Mathematics, Diyarbakır, TURKEY

Introduction

Throughout this study, we assume that $\mathbb{N}$ and $\mathbb{Z}$ be the sets of nonnegative integers and integers, respectively. The subset S of $\mathbb{N}$ is a numerical semigroup if $0 \in S$, $x + y \in S$, for all $x, y \in S$, and $\text{Card}(\mathbb{N} \setminus S) < \infty$ (this condition is equivalent to $\gcd(S) = 1$, $\gcd(S)$ = greatest common divisor the element of S). Let S be a numerical semigroup, then $F(S) = \max(\mathbb{Z} \setminus S)$ and $m(S) = \min \{s \in S : s > 0\}$ are called Frobenius number and multiplicity of S , respectively. Also, $n(S) = \text{Card}(\{0, 1, 2, \dots, F(S)\} \cap S)$ is called the number determine of S . If S is a numerical semigroup such that $S = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$, then we observe that $S = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle = \{s_0 = 0, s_1, s_2, \dots, s_{n-1}, s_n = F(S) + 1, \dots\}$ where $s_i < s_{i+1}$, $n = n(S)$, and the arrow means that every integer greater than $F(S) + 1$ belongs to S , for $i = 1, 2, \dots, n = n(S)$.

If $a \notin S$ and $a \in S$, then a is called gap of S . We denote the set of gaps of S , by $H(S)$, i.e, $H(S) = \mathbb{N} \setminus S$. The $G(S) = \text{Card}(H(S))$ is called the genus of S . Also, It is known that $G(S) = F(S) + 1 - n(S)$. Let $S = \langle s_1, s_2, s_3 \rangle$ is a triply-generated telescopic numerical semigroup if $s_3 \in \langle \frac{s_1}{d}, \frac{s_2}{d} \rangle$ where $d = \gcd(s_1, s_2)$.

If S is a numerical semigroup such that $S = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$, then $L(S) = \langle a_1, a_2 - a_1, a_3 - a_1, \dots, a_n - a_1 \rangle$ is called Lipman numerical semigroup of S , and it is known that

$$L_0(S) = S \subseteq L_1(S) = L(L_0(S)) \subseteq L_2 = L(L_1(S)) \subseteq \dots \subseteq L_m = L(L_{m-1}(S)) \subseteq \dots \subseteq \mathbb{N}. \quad (\text{see [6]}).$$

A numerical semigroup S is Arf if $a + b - c \in S$, for all $a, b, c \in S$ such that $a \geq b \geq c$. The intersection of any family of Arf numerical semigroups is again an Arf numerical semigroup. Thus, since $\mathbb{N}$ is an Arf numerical semigroup, one can consider the smallest Arf numerical semigroup containing a given numerical semigroup. The smallest Arf numerical semigroup containing a numerical semigroup S is called the Arf closure of S , and it is denoted by $\text{Arf}(S)$.

In this paper, we will give some results about Frobenius number, gaps, and determine number of Arf closure of telescopic numerical semigroup S such that $S_k = \{6k + 2, x\}$ where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}$, $x > 6k + 2$ and x is odd integer number.

Key Words: Frobenius number, Telescopic numerical semigroups, Arf closure, genus.

Main Results

Proposition 1. ([3]). Let $S_k = \langle 6, 6k + 2, x \rangle$ be telescopic numerical semigroups, where $k \geq 1$, $k \in \mathbb{N}$, $x > 6k + 2$ and x is odd integer number. Then, we have

$$(a) \quad F(S_k) = 12k + x - 2$$

$$(b) \quad n(S_k) = 6k + \frac{x-1}{2}$$

$$(c) \quad G(S_k) = 6k + \frac{x-1}{2}.$$

Theorem 2. Let $S_k = \langle 6, 6k + 2, x \rangle$ be telescopic numerical semigroups, where $k \geq 1$, $k \in \mathbb{N}$, $x > 6k + 2$ and x is odd integer number. Then,

$$Arf(S) = \{0, 6, 12, \dots, 6k, 6k + 2, 6k + 4, \dots, 6k + 6, 6k + 8, \dots, x-1, \infty \}.$$

Proof. It is trivial $m_0 = 6$ since $L_0(S) = S$. Thus, we write $L_1(S) = \langle 6, 6k-4, x-6 \rangle$. In this case,

(1) If $6k-4 < 6$ (if $k=1$) then we obtain

$$L_1(S) = \langle 6, 6k-4, x-6 \rangle = \langle 2, x-6 \rangle, \quad m_1 = 2 \text{ and we have } L_2(S) = \langle 2, x-8 \rangle.$$

In here, if $x-8 < 2$ (if $x=9$) then $L_2(S) = \langle 2, 1 \rangle = \langle 1 \rangle = \mathbb{N}$, $m_2 = 1$.

if $x-8 > 2$ then we find that $m_2 = 2$ since $L_2(S) = \langle 2, x-8 \rangle$.

So, we have $L_3(S) = \langle 2, x-10 \rangle$.

In here, if $x-10 < 2$ (if $x=11$) then $L_3(S) = \langle 2, 1 \rangle = \langle 1 \rangle = \mathbb{N}$, $m_3 = 1$.

if $x-10 > 2$ then we find that $m_3 = 2$ since $L_3(S) = \langle 2, x-8 \rangle$. If we are continued, we have that $L_i(S) = \langle 2, x-2(i+1) \rangle$ and $m_i = 2$ or $m_i = 1$, for $i \geq 1$.

Thus, we obtain $Arf(S) = \{0, 6, 12, \dots, 6k, 6k+2, 6k+4, 6k+6, 6k+8, \dots, x-1, \textcircled{0} \dots\}$.

(2) If $6k-4 > 6$ then $L_1(S) = \langle 6, 6k-4, x-6 \rangle$, $m_1 = 6$ and we have
 $L_2(S) = \langle 6, 6k-10, x-12 \rangle$. In this case,

if $6k-10 < 6$ (if $k=2$) then $L_2(S) = \langle 6, 6k-10, x-12 \rangle = \langle 2, x-12 \rangle$.

In here, if $x-12 < 2$ (if $x=13$) $L_2(S) = \langle 2, 1 \rangle = \langle 1 \rangle$, $m_2 = 1$

if $x-12 > 2$ then $L_2(S) = \langle 2, x-12 \rangle$, $m_2 = 2$. Thus, we have
 $L_3(S) = \langle 2, x-14 \rangle$. In here,

if $x-14 < 2$ (if $x=15$) $L_3(S) = \langle 2, 1 \rangle = \langle 1 \rangle$, $m_3 = 1$.

if $x-14 > 2$ then $m_3 = 2$ since $L_3(S) = \langle 2, x-14 \rangle$.

If we are continued, we have that $L_i(S) = \langle 2, x-2(i+4) \rangle$, and $m_i = 2$ or $m_i = 1$, for $i \geq 2$. So, we obtain

$Arf(S) = \{0, 6, 12, \dots, 6k, 6k+2, 6k+4, 6k+6, 6k+8, \dots, x-1, \textcircled{0} \dots\}$.

Corollary 3. . Let $S_k = \langle 6, 6k+2, x \rangle$ be telescopic numerical semigroups, where $k \geq 1$, $k \in \mathbb{N}$, $x > 6k+2$ and x is odd integer number. Then, we have

$$(a) \ n(Arf(S_k)) = \frac{x-1}{2} - 2k$$

$$(b) \ G(Arf(S_k)) = \frac{x-1}{2} + 2k.$$

Proof. (a) Let A and B be the cardinalities of the subsets $\{6, 12, \dots, 6k\}$ and $\{6k+2, 6k+4, \dots, 6k+6, 6k+8, \dots, x-1\}$ of $Arf(S) = \{0, 6, 12, \dots, 6k, 6k+2, 6k+4, \dots, 6k+6, 6k+8, \dots, x-1, \dots\}$, respectively. In this case, we have $A = \frac{6k-6}{6} + 1 = k$ and $B = \frac{x-1-6k-2}{2} + 1 = \frac{x-1-6k}{2} = \frac{x-1}{2} - 3k$. Thus, we obtain $n(Arf(S_k)) = A + B = \frac{x-1}{2} - 2k$.

$$(b) \quad G_k(Arf(S_k)) = F_k(Arf(S_k)) + 1 - n_k(Arf(S_k)) = (x-2) + 1 - \frac{x-1}{2} + 2k = \frac{x-1}{2} + 2k.$$

Corollary 4. Let $S_k = \{6, 6k+2, x\}$ be telescopic numerical semigroups, where $k \geq 1$, $k \in \mathbb{N}$, $x > 6k+2$ and x is odd integer number. Then, we have

$$(a) \quad F(S_k) = F(Arf(S_k)) + 12k$$

$$(b) \quad n(S_k) = n(Arf(S_k)) + 8k$$

$$(c) \quad G(S_k) = G(Arf(S_k)) + 4k$$

Proof. It is trivial from Corollary 3 and Proposition 1.

Corollary 5. Let $S_k = \{6, 6k+2, x\}$ be telescopic numerical semigroups, where $k \geq 1$, $k \in \mathbb{N}$, $x > 6k+2$ and x is odd integer number. Then, it satisfies following conditions:

$$(a) \quad F(S_{k+1}) = F(S_k) + 12$$

$$(b) \quad n(S_{k+1}) = n(S_k) + 6$$

$$(c) \quad G(S_{k+1}) = G(S_k) + 6$$

Corollary 6. Let $S_k = \langle 6, 6k + 2, x \rangle$ be telescopic numerical semigroups, where $k \geq 1, k \in \mathbb{N}, x > 6k + 2$ and x is odd integer number. Then, it satisfies following conditions:

$$(a) \quad F(\text{Arf}(S_{k+1})) = F(\text{Arf}(S_k)) = x - 2$$

$$(b) \quad n(\text{Arf}(S_{k+1})) = n(\text{Arf}(S_k)) - 2$$

$$(c) \quad G(\text{Arf}(S_{k+1})) = G(\text{Arf}(S_k)) + 2$$

Example 7. We put $k = 1$ and $x = 15$ in $S_k = \langle 6, 6k + 2, x \rangle$ triply-generated telescopic numerical semigroups. Then we have

$S_1 = \langle 6, 8, 15 \rangle = \{0, 6, 8, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 26, \dots\}$. In this case, we obtain

$$F(S_1) = 25, \quad n(S_1) = 13, \quad H(S_1) = \{1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 17, 19, 25\},$$

$$G(S_1) = 13, \quad \text{Arf}(S_1) = \{0, 6, 8, 10, 12, 14, \dots\}, \quad F(\text{Arf}(S_1)) = 13,$$

$$H(\text{Arf}(S_1)) = \{1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 13\}, \quad G(\text{Arf}(S_1)) = 9 \text{ and } n(\text{Arf}(S_1)) = 5.$$

If $k = 2$ and $x = 15$ then we write

$S_2 = \langle 6, 14, 15 \rangle = \{0, 6, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 38, \dots\}$ Thus, we have $F(S_2) = 37, \quad n(S_2) = 19, \quad G(S_2) = 19, \quad \text{Arf}(S_2) = \{0, 6, 12, 14, \dots\},$

$$F(\text{Arf}(S_2)) = 13, \quad n(\text{Arf}(S_2)) = 3 \text{ and } G(\text{Arf}(S_2)) = 11.$$

So, we write that

$$G(\text{Arf}(S_1)) + 4 = 9 + 4 = 13 = G(S_1),$$

$$F(\text{Arf}(S_1)) + 12 = 13 + 12 = 25 = F(S_1),$$

$$n(\text{Arf}(S_1)) + 8 = 5 + 8 = 13 = n(S_1),$$

$$F(S_1) + 12 = 25 + 12 = 37 = F(S_2),$$

$$n(S_1) + 6 = 13 + 6 = 19 = n(S_2),$$

$$G(S_1) + 6 = 13 + 6 = 19 = G(S_2),$$

$F(\text{Arf}(S_1)) = F(\text{Arf}(S_2)) = 13$, $n(\text{Arf}(S_1)) - 2 = 5 - 2 = 3 = n(\text{Arf}(S_2))$ and
 $G(\text{Arf}(S_1)) + 2 = 9 + 2 = 11 = G(\text{Arf}(S_2))$.

REFERENCES

- [1] Froberg, R., Gotlieb, C., & Haggkvist, R., On numerical semigroups. *Semigroup Forum*, (1987). 35, 63-68.
- [2] C.Kirfel and R. Pellikaan, The minimum distance of codes in an array coming telescopic semigroups, Special issue on algebraic geometry codes, IEEE Trans. Inform. Theory, 41 (1995),1720-1732.
- [3] Süer M. and İlhan S., All Telescopic Numerical Semigroups With Multiplicity Four and Six , Journal of Science and Technology, Erzincan University, (2019), 12 (1), 457-462.
- [4] İlhan S. , On a class of telescopic numerical semigroups, Int. J. Contemporary Math. Sci., Vol 1, no 2, (2006), 81-83.
- [5] İlhan S. and Herzinger K., On principal ideals of triply-generated telescopic semigroups, General Mathematics, vol. 17, no 1,(2009), 39-47.
- [6] İlhan S. and Karakaş H.İ., Arf numerical semigroups, Turkish Journal of Mathematics, 41, (2017), 1448-1457.
- [7] Rosales, J.C. and Garcia-Sanchez, P.A. , Numerical semigroups. New York: Springer 181. (2009).

EMISSION CONTROL WITH CA FERRITE PELLETS FOR WASTE COMBUSTION IN FLUIDIZED BED CHAMBER

Yıldırım İsmail TOSUN

Şırnak University, Engineering Faculty,
Mining Engineering Dept., Şırnak

ABSTRACT

One type of manure Ca ferrite wastes is pelletized in nut size and easily be evaluated in power industry and similar pellet may be evaluated as animal feed filling materials in fly ash waste post combustion at finer size under 20 microns as which collected following solid-liquid separation thickeners. That incinerated waste in finer size may deteriorate environment near urbanization and water contamination in streams. Beneficiate from that finer bio-mass carbon and Ca ferrite control toxic gas emission during combustion can efficiently be evaluated in microwave combustion. However, in fluidized bed combustion microwave radiation are carried out at cold start with pellets 5mm containing Şırnak asphaltite as solid fuel ignited combustion. In order to avoid this disturbing flow manner of that waste material, waste pellets were used in combustion chamber. Fine iron slime below 100 micron may also be evaluated as ignition material without binding material in pelletizing such as binder paper and manure waste. 4%, 6% and 8% ferrite pellets were used in our combustion experiments at 5 mm sized pellets.

Keywords: Ca ferrite, Waste pellets, Microwave ignition, Şırnak asphaltite slime, pellet combustion, fluidized bed combustion, bubbling chamber

1. INTRODUCTION

In order to meet the demands of slag formation without fluorite the calcium ferrite pellet is developed in laboratory. The lime and iron oxides combining in different proportion are used as raw material of the calcium ferrite pellet. The melting properties of the calcium ferrite pellet is determined in resistance furnace as basis for the optimum recipe. The results of test show that ferrite has better melting, which is used as composition of the calcium ferrite pellet and compared

with other slag formation material for their desulfurizing characteristics. In order to the target of removing the higher sulfur of hot metal the calcium ferrite pellet is used as desulfurization and cooling agents to replace the sintered ore in iron making. The results show that the consumption of ferrite slag formation material is 71kg per ton steel and the dephosphorization rate of hot metal was over 85% by single slag manner to melting the hot metal with 0.105~0.13% phosphorus using the calcium ferrite pellet. Desulfurization could be managed at 23% rate by the calcium ferrite pellet comparing with the sintered ore. With the demands of decreasing the consumption of slag formation material and replacing to develop the fluxing agent of the furnace burden. Hiromi S et al [8] studied the effects and mechanism of the calcium ferrite melting lime, Takashi S et al [9] studies the hot metal dephosphorization effect by slag formation of the calcium ferrite producing the high carbon steel. Guomin M et al [10] studied the preparation methods of synthesis calcium ferrite and their hot metal dephosphorization effects. According to the above research results the calcium ferrite slag as the desulfurizing and slagging agents may achieve good results, which can completely replace fluorite. However, most calcium ferrite slag products are produced at the high temperature, which application is restricted for its high cost at improving the effects of hot metal dephosphorization and desulfurization in steelmaking.

2. CALCIUM FERRITE PELLET

In the phase diagram of calcium oxide and iron oxide there are three kinds compounds of C_2F ($2CaO \cdot Fe_2O_3$), CF ($CaO \cdot Fe_2O_3$) and CF_2 ($CaO \cdot 2Fe_2O_3$). The melting point of them is respectively 1449°C, 1228°C and 1205°C. The calcium ferrite is the important slag formation material because of its low melting point and containing calcium oxide and iron oxide. So the calcium ferrite is used as the best substitute for the fluorite, which is widely applied to the hot metal dephosphorization process in abroad. However there is few application of the calcium ferrite product in our country at present.

Table 1 is the physicochemical index of pre-melted calcium ferrite by metallurgical standard

The chemical composition of calcium ferrite slag and sintered ore A, B, was determined according to the requirement of table 1, which is composed of iron oxide red with containing total iron 55%

and lime powder and their proportion is separately 1.3 :1; 2:1; 3:1; 4:1 corresponding to the composition in table 1 being %45, %50, %55, %65.

Table 1. the ferrite slag chemical composition obtained by different slag formation methods

	CaO%	SiO ₂ %	MgO%	Fe%	P ₂ O ₅ % and S%	B
the calcium ferrite the sintered ore	52.1	19.1	5.1	15.4	1.2 0.03	2.79
	48.5	18.3	5.2	16.5	1.2 0.02	2.77

3. SOLID SORBENT USE IN EMISSION CONTROL

Marble wastes are produced in two different forms in size. One type of marble wastes is in lump size and easily be evaluated in civil industry and other may be evaluated as construction filling materials in fine size under 20 microns as which collected following solid-liquid separation thickeners. That waste in finer size may deteriorate environment near marble processing plants and cause water contamination in streams. Beneficiate from that finer marble waste in toxic gas emission control during combustion can efficiently be made. However, fluidized combustion is carried out over 100 microns solid fuel combustion. To avoid this disturbing flow manner of that waste material, clay pellets were used in combustion chamber. Fine marble wastes may also be evaluated as lime raw material without calcining for filling material in industrial sectors such as rubber, paper, and animal food production. 40%,60% and 80% marble waste and fly ash containing Ca ferrite pellets were used in our combustion experiments at 1-2mm sized pellets. The fly ash and marble waste clay pellets were provided a 78% sulfur dioxide emission and 45% soot emission reduction in fluidized bed combustion. Microwave activity and chemical activity were found to be effective in desulphurization of flue gas and soot occurrence. Microwave Active of the Ca Ferrite Slag was much efficient in humidified exhaust gas reactions. Fine microwave heating may also be

evaluated as active site formation at raw material without destroying chemical form for industrial sectors such as active chemical reactivity.

3.1. Theory of Adsorption on Sorbents

According to the Clapeyron Equation there is a direct proportionality between the concentration C of adsorbate gas mixture and partial pressure:

$$p=cRT \quad (1)$$

$$c = \frac{-P}{RT \ln K} \quad (2)$$

For sorbents having a microporous and mesoporous structure Dubinin Equation for first order isotherm is applicable:

$$(w_{Ads})^n = \frac{v_{pore}}{v} e^{\left[-B \frac{T^2}{\beta^2} \left(\log \frac{p}{p_0} \right)^2 \right]} \quad (3)$$

For nanoporous:

$$\log p_2 x = \log p_2 - B \frac{T^2}{\beta^2} \log \frac{p_2}{p} \quad (4)$$

for second order isotherm in which dynamic rate of adsorption by Shilov Equation

$$t = KH - t \quad (5)$$

$$t = \frac{a}{vc} \left[H - \frac{T^2}{\beta^2} \left(\log \frac{p_2}{p} - 1 \right) \right] \quad (6)$$

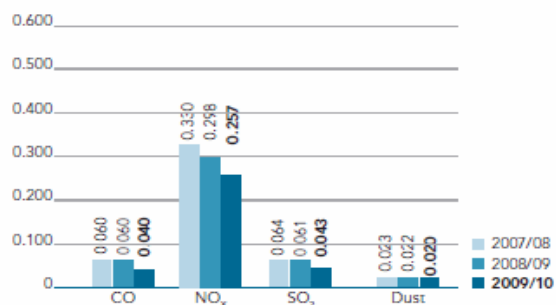
For third order heterogeneous adsorption where $K = B/v = a/vc$,

Thermal Power generation causes gas pollution with nitrogen oxide, sulfur oxide heavy toxic cyanide and lead emissions due to fuel contamination (Figure 1 and Table 2).

Thermal Power generation causes gas pollution with nitrogen oxide, sulfur oxide heavy toxic cyanide and lead emissions due to fuel contamination (Figure 1 and Table 2).

Specific emissions of the EVN thermal and district heating (power) plants¹⁾

in kg/MWh



1) Annual average of the Austrian plants

Figure 1: Emission of thermal power plants.

Table 2: Polluting gas emission

Pollution	Emission	Emission %
CO ₂	424650	13
Particle	4374	0,3
SO ₂	3311	0,01
NO _x	4966	0,02

4.MATERIALS AND METHODS

The biochars produced from different combustion temperatures at 700-900°C were tested in three column series for adsorption SO₂ as seen in Fig. 6. Test results were determined as weight change in TGA. The weight change was the main calculation of adsorption and desorption manner of liquids and solids sorbents in this study.



Figure 3. Adsorption Column used in Tests

5. RESULTS AND DISCUSSION

The biochar column temperature produced at different combustion flue gas exit level or long duration of cooling of exhaust system. The temperatures at 50-200°C were tested in three column series for adsorption SO₂ as seen in Fig. 4. Test results were determined as weight change in TGA.

The biochar column humidity produced at different combustion fuel and combustion temperature exit or fuel moisture content in the exhaust system. The steam amount in flue gas was varied at 5-20% were tested in three column series for adsorption SO₂. As seen in Fig. 4. Test results were determined as weight change in TGA.

Advanced materials and technologies should be used to prevent pollution of exhaust gas, the material used in this study finally concluded as efficient and high cut with ecological environmental protection.

6. CONCLUSIONS

Advanced materials and technologies should be used to prevent pollution of exhaust gas, the material used in this study finally concluded as efficient and high cut with ecological environmental protection. The results showed expansion of the operational envelope for gas having much steam carry-over and improved performance of the modified column. For low pressures, the modified column can remove all the toxic emissions from the gas stream, resulting in low steam carry-over separation efficiencies of 70%.

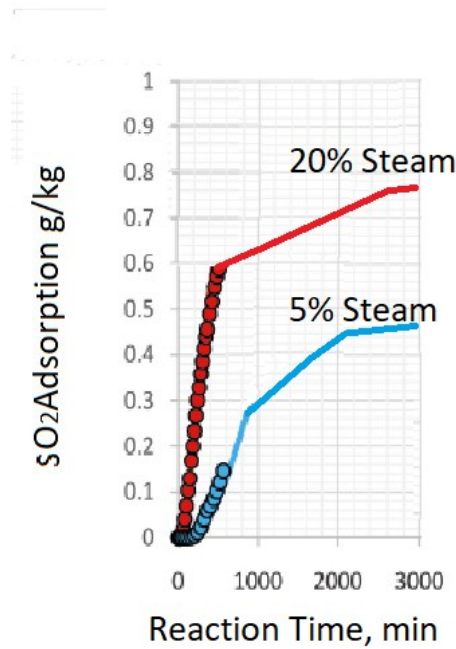


Figure 4: The effect of reaction time on sorbent weight change as %

References

<http://www.alfakazan.com.tr>, Alfa Kazan ve Makine AŞ, Ankara

Anonymous c, 2015, Kalina Cycle, <http://www.imparator-enerji.com.tr>, İmparator Enerji, GeoPower, İstanbul

Anonymous d, 2015, Akışkan Yataklı Yakma Kazanı, <http://www.mimsan.com.tr>, Mimsan A.Ş. , İstanbul

Anonymous e, 2015, <http://www.atlasinc.dk/>

Anonymous f, 2015, <http://www.santes.com.tr/>

Anonymous g, 2015, http://www.ottusa.com/mobile_systems/mobile_systems.htm

Maria, M.E., Mansur, M.B., Mathematical modeling of batch adsorption of manganese onto bone char. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 33(2), 373-382 (2016).

O Hamdya M A. Bassilyb H M.El-Batshc T A. Mekhaild, Numerical study of the effect of changing the cyclone cone length on the gas flow field, *Applied Mathematical Modelling*, Vol46, 2017, Pages 81-97

Ødegaard, H.; Thorsen, T.; Melin, E. Practical experiences from membrane filtration plants for humic substance removal. *Water Sci. Technol.* 2000, 41, 33–41.

Padmesh, T.V.N., Vijayaraghavan, K., Sekaran, G., Velan, M., Batch and column studies on biosorption of acid dyes on fresh water macro alga *Azolla filiculoides*. *Journal of Hazardous Materials*, 125(1-3), 121-129 (2005).

Pereira, P.A.L., Dutra, A.J.B., Martins, A.H., Adsorptive removal of arsenic from river waters using pisolite. *Minerals Engineering*, 20, 52-59 (2007).

R Molina, S Wang, L E. Gomez, R S. Mohan, O Shoham and G Kouba, Wet Gas Separation in Gas-Liquid Cylindrical Cyclone Separator, *J. Energy Resour. Technol* 130(4), 042701 (2008) doi:10.1115/1.3000101

MICROWAVE COMBUSTİON OF MUNICIPAL WASTE, MANURE AND SIRNAK ASPHALTITE SLIME PELLETS IN FLUIDIZED BED CHAMBER

Yıldırım İsmail TOSUN

Şırnak University, Engineering Faculty,
Mining Engineering Dept., Şırnak

ABSTRACT

Low quality fuels are used in power generation as potential contributions to rural economic development on the contrary to reduce reliance on high quality fuels, as an additional demand centre for electricity commodities and as a way to urbanization.

Especially cold start in coal incineration pro combustion cause hard emission control may cost higher prices on use of diesel such as 60-90\$/ton in fluidized bed. The microwave ignition may decrease cold start cost to lower such as 3-5\$/ton. Biomass waste pellets are produced in two different forms in size. One type of manure wastes is in nut size and easily be evaluated in agricultural industry and other may be evaluated as animal feed filling materials in fine size under 20 microns as which collected following solid-liquid separation thickeners. That incinerated waste in finer size may deteriorate environment near urbanization and water contamination in streams. Beneficiate from that finer bio-mass carbon in toxic gas emission control during combustion can efficiently be evaluated in microwave combustion. However, fluidized combustion are carried out with cold start of pellets 5mm containing 100 microns Şırnak asphaltite as solid fuel ignited combustion. In order to avoid this disturbing flow manner of that waste material, waste pellets were used in combustion chamber. Fine Şırnak asphaltite slime below 100 micron may also be evaluated as fuel material without washing for filling material in pelletizing such as binder paper and manure waste. 40%, 60% and 80% bio-waste pellets were used in our combustion experiments at 5 mm sized pellets.

Keywords : Microwave Ignition, Municipal Waste, Manure, Şırnak asphaltite slime, pellet combustion, fluidized bed combustion, bubbling chamber

1. INTRODUCTION

The total electricity of almost 211TWh in 2011, were primarily produced from imported natural gas and domestic coal [1,2] (Figure 1). The total amount of asphaltite resource in reserves and production in şırnak City are over 82 million tons of available asphaltite reserve and 400 thousand tons per year, respectively. The most effective and cost-effective technologies are needed for clean coal products in today's modern technologies [3-7]. Turkish coal industry needs noble combustion and gasification technologies and high performances at lower cost with various types of local sources regarding researches on high capacity biomass of cellulosic wastes. Processing technologies using biomass should be under contribution to the fuel side [8-10]. The nature and characteristics of the fuel resources on the base lignite affect distinctly process usage. In the view producing high value cleaned products, pyrolysis and gasification of lignite are managed for this purpose [11,12].

Figure 1. Primary Energy Production in Turkey; Natural Gas, Coal, biomass [1,2].

Depending on advanced resource use in energy production the low quality coals needed the most economical technology and forced to make it possible to produce coal derived products [11-13]. Compliance with environmental norms of coal pyrolysis or gasification of various types of coals, feasible combustion systems and energy production facilities are needed in today's modern technology, also enable the production of liquid and gaseous coal fuels [14]. However, raw materials and chemical nature of them requires a variety of adaptation methods. For this purpose, universities and industry needing to work together to provide the basic information required in pilot

scale. Thus, the higher performance can be achieved by a certain mixture of solid fuel additives. A preferable advanced design in pyrolysis could produce clean coal fuels in the local site of the country so significant that needs to obtain the highest quality coal fuels. There are lots of signs for the production of bio-masses and lignite in industrial many fields even using regular high capacity municipal wastes and cellulosic biomass wastes (Figure 2) [14]. 176 million tons of total municipal waste collected in 2013 in China and treated as recycling or filling material increased at a rate of over 87%. Combustible waste amount could also be evaluated in energy need. Processing technologies using animal manure and combustible municipal waste should be under contribution to the fuel side for energy production in European countries (Figure3) [11] (EEA, 2016). 49% of the total municipal waste in Sweden converted to energy in 2014 and this rate was 39%, 7%, and 22% for Netherland, USA and for the EU27, respectively. relying on advanced technological developments in energy production, the low quality municipal wastes needed the most economical technologies and even in order to make it possible to produce waste- derived fuel products as diversified source as illustrated in Figure 4 in USA (U.S. Environmental Protection Agency 2015) [16]. Combustible municipal waste rate was reached 27,0% as paper and cardboards, additionally dried food waste was 14,6% and the yard waste was 13,5% after suitable segregation of the total collected waste in USA in 2015. On the nature washing and processing characteristics of the lignite [17,18] as considered environment are distinctly separated in utilization and classification. In the view producing high value cleaned products, pyrolysis and gasification of lignite are managed for this purpose.

Figure 2. Potential Comparison of Lignite Coal and Biomass in Turkey

Figure 3. Alkali material addition effect on desulfurization in fluidized bed combustion

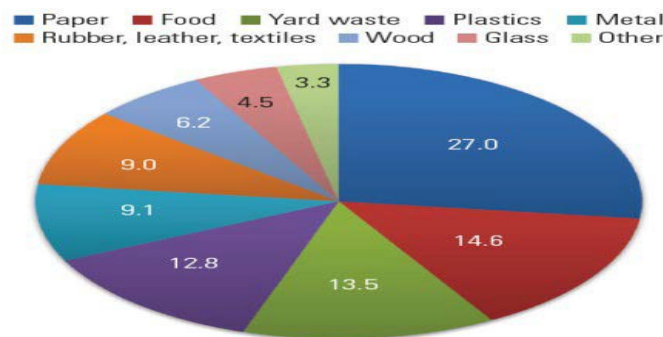


Figure 4. The distribution of various waste fuels represent an energy source , fuel segregation and sorting to operate successfully. [11] (U.S. Environmental Protection Agency 2015) Compliance with environmental norms of coal pyrolysis or gasification of various types of coals, feasible combustion systems and energy production facilities are needed in today's modern technology, also enable the production of liquid and gaseous coal fuels [12]. However, agricultural waste materials and chemical nature of them requires a variety of adaptation methods. For this purpose, alternative renewable energy resources needs to process them to provide the basic information required in laboratory and pilot scale. The methods using feasible process in gasification and methanation may produce clean derivative gas fuels in the local area. So significant

design works need to obtain the derivatives from the wastes and available renewable resources.

2. AGRICULTURAL BIOMASS WASTE POTENTIAL OF TURKEY

In Turkey, the Ministry of Agriculture and Rural Affairs declared the statistics that the amount of waste generated from annual and perennial crops received from local authorities; the amount of production and acreage of each product is calculated using the data for 2002-2003. In our country, agricultural production waste is commonly left in the field. Cereal straw is used for various purposes, for example, used as animal feed, animal litter [10]. The main waste from the production of agricultural products, industrial plantations is allowed to rest. These kinds of waste cotton stalks, corn stalks, sunflower stalks, hay and tobacco stalks are waste, etc. Total amount of waste products are divided into theoretical and actual values given in the Table 1 [8,9] (TSI, 2013, TAM, 2014).

Table 1. The proximate analysis of the combustible bio-wastes

Weight(%)	Wood Waste	Trash	Cow Waste	Poultry Waste	Corn Waste
Moisture	41.26	29.26	24.2	21.6	10.26
Ash	1.07	9.7	4.25	3.34	1.07
Fixed Carbon	25.08	25.08	25.08	25.08	45.08
Volatile Matter	74.59	74.59	64.59	64.59	54.59
Calorific Value (kcal/kg)	1430.1	1630.5	1760.8	1930.2	3780.2

3. FLUIDIZED BED COMBUSTION

The fluidized bed pyrolysis of coals and lignites is a commonly known low temperature carbonization method. However, the application of the method instead of large-size cellulose, especially high volatile low-calorie lignite, waste biomass, tire waste and plastic waste, such as high amounts of oil or gas waste raw materials application has found great technological acceptance. In Figure 5, combustion products were compared in terms of quantity according to biomass and coal type. Figure 2 describes the effects of the alkali reagents used in the pyrolysis process on the desulfurisation of the gas product. The production of biomass waste is limited to 6-7 million tons of waste wood annually in the country. It also contains about 50-60% moisture in

dry weather. Therefore, combustion of waste should be applied in place with Lime and caustic magnesium enabled to remove sulfur. The evaluation of coals and lignites as solid fuels in combination with biofuels will be advantageous in terms of fuel ash and sulfur quality by the use of environmentally friendly fuel combustion, pyrolysis and gasification. (Tosun 2014) Various alternatives for combustion following pyrolysis method which can evaluate renewable energy sources instead of most economical and direct fossil fuels have been investigated. Biomass wastes, especially pine forest woody wastes, such as corn sludge and bovine pulp, can be gasified together with coal and lignite (Orio et al., 1997).

Combustion of coals and lignites is a commonly known low temperature carbonization method. However, the application of the method instead of large-size cellulose, especially high volatile low-calorie lignite, waste biomass, tire waste and plastic waste, such as high amounts of oil or gas waste raw materials application has found great technological acceptance. In Figure 1, pyrolysis products were compared in terms of quantity according to biomass and coal type. Figure 2 describes the effects of the alkali reagents used in the combustion process on the desulfurisation of the gas product. The production of biomass waste is limited to 6-7 million tons of waste wood annually in the country. It also contains about 50-60% moisture in dry weather. Therefore, drying and pyrolysis should be applied in place. Lime and caustic magnesium enabled pyrolysis to remove sulfur. The evaluation of coals and lignites as solid fuels in combination with biofuels will be advantageous in terms of fuel ash and sulfur quality by the use of environmentally friendly fuel combustion, pyrolysis and gasification. (Tosun 2014) Various alternatives for pyrolysis method which can evaluate renewable energy sources instead of most economical and direct fossil fuels have been investigated. Biomass wastes, especially pine forest woody wastes, such as corn sludge and pulp, can be gasified together with coal and lignite (Orio et al., 1997).

Considerable research on coal combustion has been conducted over the years, but the waste combustion results are widely dispersed because of the complex chemistry of waste [4]. Time related coal combustion modeling assumes basically first-order kinetic equations, or less sensitive for heating rate. It is basically depend on the coal properties but also cover to some extent, the effect of heat-and-mass transfer phenomena. Fluidized bed combustion is preferred for clean emissions in the unit. Combustion and gasification provided much clean beneficiation from coal,

wastes and biomass [3-4]. As seen in Figure 5 the coal and biomass waste is fed into the combustion system as sludge.

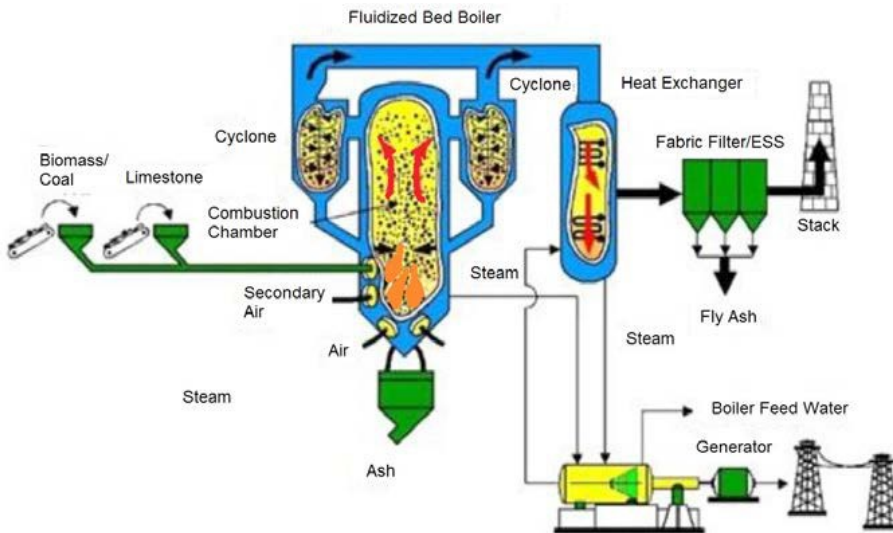


Figure 5. Fluidized Bed Reaction of Coal and Biomass for combustion

Fluidized bed combustion and gasification have provided control of sulfur and toxic emissions. Combustion or gasification systems have been the most widely used method to produce the most economical and clean synthesis gas. It is believed to be by the most advanced technological method, pyrolysis and pressurized gasification, from solid fuel technologies to convert biomass into energy. The pressurized pyrolysis of biomass has been extensively studied in recent years and several reactor technologies have been operated with scale (Delgado et al. 1997). Although pyrolysis oil can be derived from almost all lignite and cellulose biomass and product yields are changed, the properties of pyrolysis oil are similar when produced correctly. Pyrolysis oil can be easily used for heat and electricity production. More advanced applications create cleaner products. The pyrolysis process can therefore be regarded as a pretreatment in gasification. Pretreatment of biomass and lignite coal by pyrolysis leads to several advantages compared to direct use of solid fuels. The volumetric energy efficiency is 3-10 times higher than that of solid fuel for pyrolysis oil, and can be used in the production of energy by producing cleaner oil products from economically inoperable renewable waste materials. In addition to economic and ecological advantages, pretreatment by pyrolysis provides technical advantages. The application of pressure to the pyrolysis

oil is much easier and cheaper than the gasification of solid fuels under pressure. In addition, the disadvantage of creating ash is reduced. The inclusion of pressurized pyrolysis as pretreatment or gasification of the powdered biomass in a direct powder gasifier will depend on the properties of the reactor and waste biomasses and on the reactor parameters.

Powder flow gasification is widely used to produce synthesis gas from various fossil fuels such as coal and natural gas by reacting the raw material with pure oxygen to form H_2 , CO, CO_2 and H_2O . Due to the high operating temperature of 900-1000 ° C in the fluidized bed and the high operating temperature of 1200 ° C-1600 ° C, high gas conversion rates are obtained and is beneficial in energy generation with high heat precious gas quality and low tar and methane product output. (Orio et al., 1997).

4. METHOD

In this study, the evaluation of high sulfur and ashy ash asphaltites and lignites with flash pyrolysis are investigated. However, lignite based technologies are examined on the basis of lignite raw material and cellulosic waste forest biomass can be processed together with our lignites as the raw material of the additive. The main objective is to produce light oil, tar and gas products with better added value, better oil production and desulphurization of our lignites. For this purpose, representative asphaltite and lignite samples taken from the quarry quarry are supplied with waste pine wood maize and cattle meal. With the advanced pyrolysis design, the country needs more clean smokeless coal and the highest quality smokeless solid fuel is obtained. Together with the high quality carbon fuel, it can enable the production of the cleanest oils and gases with fuel quality. Thus, the combustion of clean products produced from the asphaltites of the Şırnak asphaltites and the pyrolysis from the waste biomasses at the thermal power plant will ensure the energy production efficiency as well as the flue gas more sensitive to the environment. In addition, it can be processed in bioatics in energy production with the addition of biodegradation to clean high quality coal fuel. Thus, solid fuel mixtures with higher additives can be produced which benefit the country's economy. In addition, the production of high quality solid coal fuels will enable the development of the South Eastern Anatolia region and further develop the industrial development with the diversification and supply of industrial energy fuels.

5. RESULTS AND DISCUSSION

Lignite and bio-oil pyrolysis oil can be used as raw material for the production of the cleanest and high-temperature valuable synthetic gas. This combustion approach may have some advantages over direct pyrolysis. In this study, powder combustion method of the fluidized bed of oil and powder lignite coal produced from waste biomass by pyrolysis has been investigated. Corn seed, straw and waste pine and poplar tree and cattle waste was used as raw material. Each waste biomass and powder lignite was transformed into homogeneous pyrolysis oils with very similar properties using in situ drying and slow pyrolysis. These pyrolysis oils were then gasified in a pressurized, oxygen-fluidized bed powder combustion using a 600W microwave. At a pressure of 2-10 atm, gasified at temperatures of 800-950-1050 ° C. Syntheses gas combustion were provided in bio-pyrolysis oils at a volume ratio of 46% CO, 30% H₂ and 23% CO₂. Synthesis gas 2% CH₄, both 0.1% C₂H₂ and C₂H₄ products were also obtained. Waste wood and straw-derived pyrolysis oils were measured in small amounts of H₂S (3 to 23) ml / m³, COS (22 to 94) ml / m³ and benzene (310 to 532 ml / m³), respectively. The 24-hour gasification process with wood-derived pyrolysis oil was optimally determined. In the experimental results, it was determined that the pyrolysis oils obtained from different biomass raw materials can be combusted in the following combustion and the problems related to solid lignite and coal high ash composition and ash melting were prevented by applying pyrolysis pretreatment. The cost was increased by the combustible content quality and capacity of the plant as shown in Figure 6.

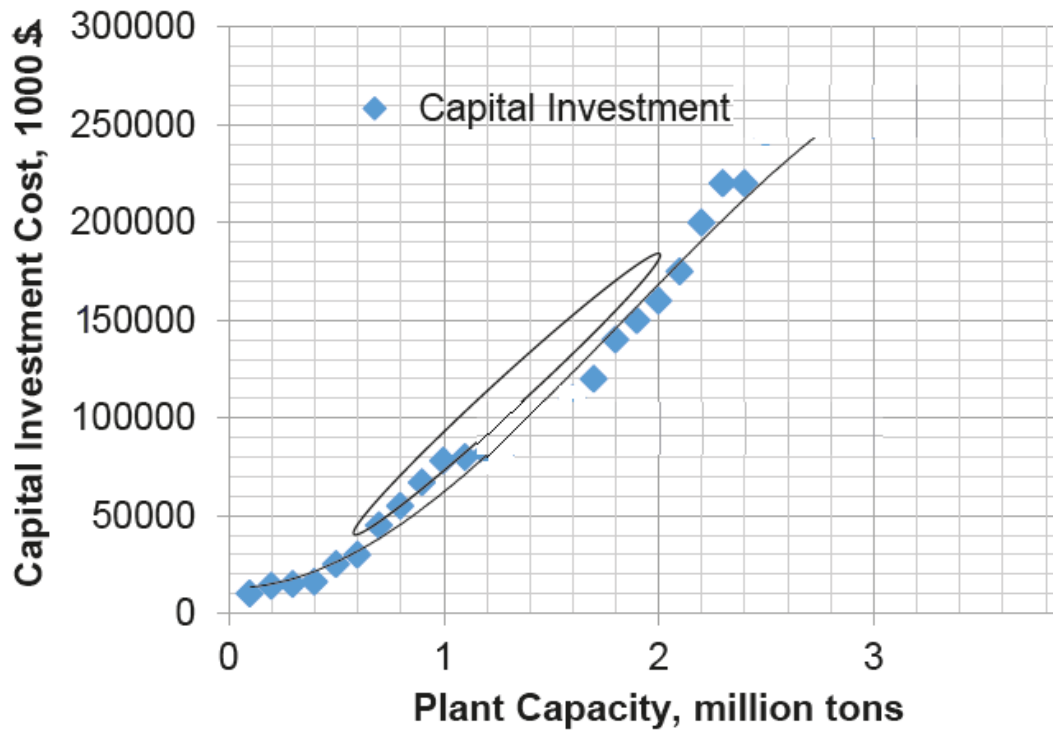


Figure 6. Fluidized bed combustion plant cost.

6. CONCLUSION

- Tunçbilek lignite, Şırnak asphaltite, Waste Biomass samples are mixed with powder flash pyrolysis device to produce cleaner oil and gas products
- Flash pyrolysis design device provides cleaner oil and gas products to the gasification reactor to produce gas products,
- The optimum pilot plant design according to Lignite coal and Asphaltite coal and biomass waste quality is determined and the efficiency of clean products is determined.
- Flash Pyrolysis furnace parameters are determined.
- Gasification reactor parameters are determined
- The optimum plant parameters for the production of clean gas fuel with the addition of wood waste to the biocide are determined.

References

- [1].Anonymous a, 2015, Mobile incinerators, <http://www.incinerators-ati.com/mobile-incinerator.php>, ATİ Şirketi
- [2].Anonymous b, 2015, Yakma Kazanları, <http://www.alfakazan.com.tr>, Alfa Kazan ve Makine AŞ, Ankara
- [3].Anonymous c, 2015, Kalina Cycle, <http://www.imparator-enerji.com.tr>, İmparator Enerji, GeoPower, İstanbul
- [4].Anonymous d, 2015, Akışkan Yataklı Yakma Kazanı, <http://www.mimsan.com.tr>, Mimsan A.Ş. , İstanbul
- [5].Anonymous e, 2015, <http://www.atlasinc.dk/>
- [6].Anonymous f, 2015, <http://www.santes.com.tr/>
- [7].Anonymous g, 2015, http://www.ottusa.com/mobile_systems/mobile_systems.htm
- [8].Bridgwater , A.V., 2012, Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*; 38: 68–94.
- [9].Bridgwater , A.V., 2015, Fast pyrolysis for bioenergy and biofuels , International Congress and Expo on Biofuels & Bioenergy, August 25-27, 2015 Valencia, Spain;
- [10]. Cherubini, F. Bargigli, S. Ulgiati, S. 2009, Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: landfilling, sorting plant and incineration, *Energy*, 34, pp. 2116–2123
- [11]. Denison, R. A. , Ruston, J., 1990, *Recycling and Incineration: Evaluating the Choices*, Island Press, Washington, D.C., 322 p, ISBN No.:1-55963-055-8
- [12]. Donskoi, E.& McElwain, D.L.S., 1999, Approximate modelling of coal pyrolysis, *Fuel*, 78 , pp. 825–835, <https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.01.069>
- [13]. Isaacson, R.(Ed.), 1990, *Methane from Community Wastes (Elsevier Applied Biotechnology Series)*, CRC Press, 228 p, ISBN-13: 978-1851666188, ISBN-10: 1851666184
- [14]. Karakaya, İ., 2008, İstanbul için stratejik kentsel katı atık Yönetimi yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi , İTÜ FBE Çevre Müh.Böl.
- [15]. Kreith, F and Tchobanoglous, G 2002, *Handbook of Solid Waste Management*

GEBELERDE DİSTRES DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ

***Meltem AKBAŞ **Şirin ÇELİKKANAT ***Şule GÖKYILDIZ SÜRÜCÜ**

*Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi
Ebelik Bölümü Dr. Öğretim üyesi

**Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi
Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi
Ebelik Bölümü Doç. Dr

ÖZET

Amaç: Çalışmamızın amacı gebelerde distres düzeyinin belirlenmesidir.

Yöntem: Çalışma tanımlayıcı ve kesitsel tipte yapılmıştır. Çalışmamızın evrenini; Adana Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi NST polikliniğine başvuran ve çalışmaya katılmayı kabul eden 245 kişi oluşturmuştur. Verilerin değerlendirilmesinde; Yüzde, Ortalama, Student t testi, ANOVA kullanılmıştır.

Bulgular: Gebelerin, yaş ortalamasının $26,94 \pm 5,73$ olduğu, % 52,2'sinin İlkokul mezunu olduğu, %93,5'inin çalışmadığı, %79,6'sının sosyal güvencesinin olduğu, % 43,3'ünün eşinin işçi olduğu, %74,7'sinin ekonomik durumunun orta düzeyde olduğu, %79,6'sının çekirdek aileye sahip olduğu, %66,1'inin ilk gebeliği olmadığı, %90,6'sının isteyerek gebe kaldığı, %64,9'unun yaşayan çocuğu olduğu saptanmıştır. Gebelerin toplam ölçek puan ortalamasının $23,54 \pm 7,590$, olumsuz duygulanım ölçek puan ortalamasının $20,81 \pm 6,560$, Eş katılımı ölçek puan ortalamasının $2,73 \pm 2,967$ olduğu saptanmıştır. Kesme noktasına göre % 25.3'ünün distresde olduğu saptanmıştır. Gebelerin Tilburg Distres Ölçeği toplam puan, olumsuz duygulanım ve eş katılımı puan ortalamaları, eğitim durumu, çalışma durumu, aile tipi, eşinin mesleği ve ekonomik durum arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır($p > 0,05$). İlk gebelik durumu ve isteyerek gebe kalma durumu, toplam puan ve olumsuz duygulanım arasında anlamlı ilişki bulunmazken($p > 0,05$), eş katılımı puan ortalaması ile anlamlı ilişki bulunmuştur($p < 0,05$). Yaşayan çocuk olma durumu, toplam puan ve eş katılımı puan ortalaması arasında anlamlı ilişki bulunurken olumsuz duygulanım puan ortalaması arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır.

Sonuç: Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, Gebelerin yaklaşık dörtte birinin distres de olduğu ve sosyodemografik özelliklerinin, toplam ve alt boyut puan ortalamalarını etkilediği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gebelik, Distres, Anksiyete, Depresyon

GİRİŞ

Gebelik ve doğum önemli biyolojik değişikliklerin yaşandığı fizyolojik bir süreç olduğu kadar, erken gelişim dönemlerine ilişkin bastırılmış ve çözülmemiş çatışmaların yeniden gündeme geldiği karmaşık psikolojik bir süreçtir. Birçok kadın gebelik ve doğuma bağlı olarak oluşan fizyolojik, psikolojik, sosyal değişimlere kolaylıkla uyum sağlarken, bazı kadınlarda hafif, orta, şiddetli düzeylerde ruhsal sorunlar ortaya çıkmaktadır(1). Genel inanın aksine gebelik her zaman keyifli ve başarılı değildir. Pek çok kadın üzüntü, anksiyete ve depresif bulguları bu dönemde yaşayabilir. Depresyon gebelikte en yaygın görülen psikolojik bozukluktur. Gebelikte düşük gelir, yaşın genç olması, eğitim düşüklüğü ve sosyal destek azlığı riski artırır(2). Depresyon riski gebelik boyunca özellikle 2. ve 3. Trimestirlarda artar. Bazı çalışmaların raporlarına göre, depresif semptomlar gebelik dönemde postpartum dönemden daha fazladır. Bir meteanaliz çalışmasında depresyon görülme sıklığı 1.trimestir % 7.4, 2. Trimestir %12.8, 3. Trimestir % 12 olarak belirtilmiştir(3). Değişik kültürlerde gebelik döneminde depresyon yaygınlığını araştıran çalışmalarda depresif belirti görülme sıklığı Macaristan’da %17.9, Amerika’da %20, Kanada’da %25, Finlandiya’da %30 olarak bulunmuştur(4). Ülkemizdeki bildirimlerde ise anksiyetenin %12-34 ve depresyon yaygınlığının %19-53 olduğu şeklindedir(5). Stres, depresyon veya anksiyete gebelik periyodunda sadece kadının yaşamının niteliğini ve kadının sağlığını etkilemez. Ayrıca obstetrik komplikasyonları artırır(fetüsün gelişim geriliği, preterm eylem, düşük doğum ağırlıklı bebek). Yani daha yüksek güvenlik açığı olan kadınlar(genç gebelik, düşük ekonomik seviye, yüksek stres) olumsuz perinatal sonuçlar için yüksek risk grubudur(6). Yapılan bazı çalışma raporlarına göre, stres gibi olumsuz duygulanım yaşayan gebelerin 37 haftanın altında doğum yaptıkları ve fetüsün 2500 gr altında olduğu belirtilmiştir(7). Geleneksel olarak sağlık hizmetleri dogum sonrası depresyona odaklanmıştır. Ancak günümüzdeki çalışmalar artık doğum öncesi psikolojik distres ile ilişkili risklere odaklanmaya başlamıştır. Gebelik süresince yaşanan psikolojik distresin

değerlendirilmesi konusu önem kazanmıştır. Bazı sanayileşmiş ülkelerde anksiyete ve depresyonu taramak için anketler veya psikososyal değişkenleri değerlendiren doğum öncesi tarama protokolleri geliştirilmiştir(8). Gebenin ve fetüsün sağlıklı bir süreç geçirmeleri; fizyolojik, biyolojik ve psikolojik açıdan tam bir iyilik içerisinde olmasına bağlıdır. Gebenin ruh hali bütün bu değişkenleri etkilemesinden dolayı, bu çalışma gebelerde distresi belirlemek amacıyla yapılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırmanın Türü: Araştırma tanımlayıcı ve kesitsel bir araştırmadır.

Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zaman: Araştırma Adana ili Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi NST biriminde 1-28 şubat 2017 tarihleri arasında yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı Kadın-Doğum ve Çocuk hastalıkları Hastanesi bir Dal Hastanesi olması ve yoğun olması sebebiyle seçilmiştir.

Araştırmanın Evren ve Örneklemi: Araştırmanın evrenini belirtilen tarihler arasında NST birimine başvuran tüm gebeler oluşturmaktadır. Çalışmaya alınma kriterlerine uyan ve çalışmaya katılmayı kabul eden 250 gebe ise araştırmanın örneklemi oluşturmuştur. Veriler Kişisel Bilgi Formu ve Tilburg Gebelikte Distres Ölçeği kullanılarak toplanmıştır. Kişisel bilgi formu, kadınların demografik ve obstetrik özelliklerini içeren toplam 12 sorudan oluşmaktadır. Kullanılacak ölçek gebelerin distres düzeyini belirlemek amacıyla Victor JM ve arkadaşları tarafından 2011 yılında Hollanda da geliştirilmiştir. Türkçe geçerlilik ve güvenirliliği Pasinlioğlu ve Çapık (2015) tarafından yapılmıştır. Ölçek 16 maddelik “0=çok sık, 1=oldukça sık, 2=ara ara, 3=nadiren veya hiç” puanlama arasında değişen 4’lü likert şeklindedir. Ölçeğin toplamından alınabilecek en düşük puan 0, en yüksek puan 48’tir. Ölçeğin “Olumsuz Duygulanım” ve “Eş Katılımı” olmak üzere iki alt boyutu bulunmaktadır.

Olumsuz duygulanım Alt Boyutu: Bu alt boyut 11 maddeden oluşmaktadır. Bu maddeler 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ve 16. maddelerdir. Bu alt boyuttan alınabilecek en düşük puan 0, en yüksek puan 33’tür.

Eş Katılımı Alt Boyutu: Bu alt boyut 5 maddeden oluşmaktadır. Bu maddeler 1,2,4,8 ve 15. maddelerdir. Bu alt boyuttan alınabilecek en düşük puan 0, en yüksek puan 15'tir. Ölçek 12 hafta ve üzeri gebeliği olanlara uygulanmaktadır. Ölçeğin belli bir kesme noktası vardır. Ölçekten alınan toplam puanın 28 ve üzerinde olması distres (depresyon, anksiyete, stres) açısından risk altında olan gebelerin tanınmasını sağlamaktadır. Bu çalışma da veriler yüz yüze görüşme tekniği kullanılarak toplanmış olup anketler yaklaşık 5-10 dk sürmüştür. Verilerin analizinde SPSS 22.0 kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde Yüzde, Ortalama, Student t testi, ANOVA kullanılmıştır. Araştırma verilerinin toplanması için Kamu hastaneler Birliği'nden yazılı izin ve katılımcılardan sözlü onam alınmıştır.

BULGULAR

Tablo 1: Gebelerin tanıtıcı özellikleri

Tanıtıcı özellikler	Sayı	Yüzde(%)
Yaş		
20 yas ve	31	12.7
altı 21-34	182	74.3
yaş	32	13.1
Eğitim durumu		
İlkokul	128	52.2
Ortaokul ve üzeri	117	47.8
Çalışma durumu		
Çalışıyorum	16	6.5
	229	93.5
Sosyal güvence		
V	195	79.6
ar	50	20.4
Eşinizin mesleği		
İşçi	111	43.3
Me	42	17.1
mur	92	37.6
Serb		
Ekonomik durum		
İyi	48	19.6
Or	183	74.7
ta	14	5.7
Aile tipiniz		
Çekirdek	195	79.6
	50	20.4

İlk Gebelik mi Ev et	83 162	33.9 66,1
İsteyerek gebe kalma durumu Ev	222 23	90.6 9.4
Yaşayan çocuk varmı Ev et	159 86	64.9 35.1

Gebelerin, % 74,3'ünün 21-34 yaşları arasında ve yaş ortalamasının $26,94 \pm 5,73$ olduğu, % 52,2'sinin İlkokul mezunu olduğu, %93,5'inin çalışmadığı, %79,6'sının sosyal güvencesinin olduğu, % 43,3'ünün eşinin işçi olduğu, %74,7'sinin ekonomik durumunun orta düzeyde olduğu, %79,6'sının çekirdek aileye sahip olduğu, %66,1'nin ilk gebeliği olmadığı, %90,6'sının isteyerek gebe kaldığı, %64,9'unun yaşayan çocuğu olduğu saptanmıştır.

Tablo 2: Gebelerin Tilburg Distres Ölçeği ve ölçeğin alt boyutları puan ortalamaları

Ölçek ve alt boyutları	Madde Sayısı	Ort.±SS	Beklenen Dağılım aralığı
Toplam Ölçek	16	23.54±7.590	0-41
Olumsuz	11	20.81±6.560	0-33
Eş katılım	5	2.73±2.967	0-15

Gebelerin toplam ölçek puan ortalamasının $23,54 \pm 7,590$, olumsuz duygulanım ölçek puan ortalamasının $20,81 \pm 6,560$, Eş katılımı ölçek puan ortalamasının $2,73 \pm 2,967$ olduğu saptanmıştır.

Tablo3: Gebelerin Tilburg Distres Ölçeğinin Kesme noktasına göre Dağılımı

Kesme noktası	Sayı	%
Distres olan	62	25.3
Distres olmayan	183	74.7

Tablo 4: Gebelerin Tilburg Distres ölçeği toplam ve alt boyut ortalamalarının sosyodemografik özelliklerine göre dağılımı

Ölçekler	N	%	Toplam	Olumsuz duygulan	Eş katılımı
Eğitim durum.					
İlkokul	128	52.2	23.69±8,1	20.54±6.87	3.15±3.12
Ortaokul ve üzeri	117	47.8	23.39±7,0	21.12±6.21	2.72±0.25
t değeri			0.303	-0.691	2.326
P değeri			0.762	0.490	0.21
Çalışma durumu					
Çalışıyorum	16	6.5	21.0±8.03	18.69±6.57	2.31±3.02
Çalışmıyorum	229	93.5	23.72±7.5	20.97±6.64	2.76±2.96
t değeri			-1.391	-1.345	-0.582
P değeri			0.165	0.180	0.561
İlk gebelik durumu					
Evet	83	33.9	21.81±7,8	20.02±7.07	1.78±2.08
Hayır	162	66.1	24.44±7,3	21.22±6.26	3.22±3.23
t değeri			-2.598	-1.355	-3.668
P değeri			0.010	0.177	0.000
Aile tipi					
Çekirdek aile	195	79.6	23.83±7,2	21.34±6.31	2.49±2.74
Geniş aile	50	20.4	22.44±8,9	18.78±7.14	3.66±3.60
t değeri			1.157	2.486	-2.509
P değeri			0.249	0.014	0.013
İsteyerek gebe kalma durumu					
Evet	222	90.6	23.63±7.7	21.09±6.66	2.55±2.77
Hayır	23	9.4	22.74±6.0	18.22±4.88	4.52±4.10
t değeri			0.535	2.008	-3.094
P değeri			0.593	0.046	0.002
Yaşayan çocuk olma durumu					
Evet	159	64.9	24.56±7.2	21.28±6.19	3.28±3.22
Hayır	86	35.1	21.67±7.8	19.95±7.14	1.72±2.07
t değeri			2.882	1.518	4.038
P değeri			0.004	0.130	0.000
Eş meslek durumu					
İşçi	111	43.3	24.29±7.7	21.58±6.67	2.71±3.01
Memur	42	17.1	22.57±8.7	19.79±7.05	2.79±3.41
Serbest	92	37.6	23.10±6.8	20.37±6.13	2.73±2.66
F değeri			1.038	1.483	0.009
p değeri			0.356	0.229	0.991
Ekonomik durum					

İyi	48	19.6	22.33±7,9	20.19±7.10	2.15±2.97
Orta	183	74.7	24.23±7,3	21.26±6.31	2.97±2.95
Kötü	14	5.7	18.79±8,2	17.14±6.98	1.64±2.79
F değeri			4.216	2.882	2.485
p değeri			0.016	0.058	0.085

Gebelerin Tilburg Distres Ölçeği toplam puan, olumsuz duygulanım ve eş katılımı puan ortalamaları, eğitim durumu, çalışma durumu ve eşinin mesleği arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır($p>0,05$). İlk gebelik durumu toplam puan ve eş katılımı alt boyutu ile anlamlı ilişki bulunurken($p<0,05$), olumsuz duygulanım alt boyutu ile anlamlı ilişki bulunmamıştır($p>0,05$). Aile tipi, İsteyerek gebe kalma durumu ile toplam puan ortalaması arasında anlamlı ilişki bulunmazken($p>0,05$), olumsuz duygulanım ve eş katılımı alt boyutu puan ortalaması arasında anlamlı ilişki bulunmuştur($p<0,05$). Yaşayan çocuk olma durumu, toplam puan ve eş katılımı puan ortalaması arasında anlamlı ilişki bulunurken olumsuz duygulanım puan ortalaması arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır. Ekonomik durum ile toplam puan ortalaması arasında anlamlı ilişki bulunurken($p<0,05$), olumsuz duygulanım ve eş katılımı alt boyutu ile anlamlı ilişki bulunmamıştır($p>0,05$).

TARTIŞMA

Araştırmaya katılan gebelerin, %74.3'ü 21-34 yaş aralığında ve yaş ortalaması 26.94 bulunmuştur. Türkiye Nüfus ve Sağlık Araştırma(TNSA) 2013 verilerine göre en yüksek yaşa özel doğurganlık hızı 25-29 yaş grubundadır(9). Çalışmamızla TNSA verileri arasında benzerlik olup, anne olma yaşının genç yetişkinlik dönemi olduğu söylenebilir. Çalışmamızda gebelerin %52.2'sinin ilkokul mezunu olduğu, %93.5' nin ev hanımı ve %43.3'ünün eşinin işçi olduğu saptanmıştır. Arslan ve arkadaşlarının 2011 Isparta çalışmasında, gebelerin %29'unun ilkokul mezunu olduğu, %73.5'nin ev hanımı ve %36.1'nin eşinin işçi olduğu belirtilmiştir(10). Çalışmamız ile Arslan ve arkadaşlarının yaptığı çalışma arasında benzerlik bulunmamıştır; bunun sebebi bölgesel farklılıklara bağlanabilir. Gebelerin %33.9'nun ilk gebeliği ve %90.6'sının isteyerek gebe kaldığı olduğu saptanmıştır. Ortaarık ve arkadaşlarının 2012 Ankara çalışmasında % 33.3'ünün ilk gebeliği olduğu,%72.2'sinin gebeliğinin planlı olduğu belirtilmiştir. Çalışmamız ile Ortaarık ve

arkadaşlarının çalışması arasında ilk gebelik yönünden benzerlik bulunurken gebeliğin planlı olma oranı arasında benzerlik bulunmamıştır(11). Gebelerin Tilburg Distres ölçeği puan ortalamalarına baktığımızda; toplam puan ortalaması 23.54, olumsuz duygulanım alt boyutu 20.81, eş katılımı alt boyutu 2.73 olduğu saptanmıştır. Çapık ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada toplam puan ortalaması 18.86, olumsuz duygulanım alt boyutu 13.64, eş katılımı alt boyutu puan ortalaması 5.22 olduğu belirtilmiştir(8). Çalışmamızda Tilburg Distres ölçeği ve alt boyutları puan ortalamalarının, Çapık ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın puan ortalamalarından farklı olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda puan ortalamaları daha yüksek olup, distres açısından daha riskli bulunmuştur. Çapık ve arkadaşlarının çalışmasıyla çalışmamız arasında benzerlik olmayışını, sosyo-demografik ve obstetrik özelliklerin farklı olmasına bağlayabiliriz. Çalışmamızda ölçeğin kesme noktasına göre, %25.3'ünün distres(anksiyete,depresyon) yaşadığı saptanmıştır. Bekele ve arkadaşlarının 2017 Ütopya çalışmasında distres varlığı %26.2 (12), Yiadom ve arkadaşlarının 2015 çalışmasında gebelik stresi %28.6 bulunmuştur(13). Çalışmamız ile bu çalışmalar arasında benzerlik bulunmuştur. Fakat literatürde sonuçlarımızı desteklemeyen çalışmalarda vardır. Bisetegn ve arkadaşlarının 2016 çalışmasında %11.8'nin gebelikte depresif semptomlar gösterdiği(14), Pereira ve arkadaşlarının 2009 Brezilya çalışmasında gebelik depresyonu %14.2(15), Çakır ve Can'ın 2011 çalışmasında gebelerde anksiyete %34.1 ve depresyon %32.4 bulunmuştur(16). Bu farklılıklar kültürel özelliklerin ve sosyo-demografik özelliklerin farklılığına bağlanabilir. Çalışmamızda Tilburg Distres Ölçeği toplam puan ortalaması ile ilk gebelik durumu, yaşayan çocuk olma durumu ve ekonomik durum arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Yaşayan çocuğu olanların, orta düzeyde ekonomik durumu olanların ve ilk gebeliği olmayanların distres puanı daha yüksek bulunmuştur. Jonsdottir ve arkadaşlarının 2017 çalışmasında, distresde olan ve olmayan gruplar arasında eğitim, iş durumu ve gelir durumu arasında anlamlı ilişki bulunmuştur(17). Yılmaz ve Beji'nin 2010 çalışmasında; düşük öğrenim düzeyi, planlı olmayan gebelik ve düşük ekonomik durumu olanların daha fazla depresif belirtiler gösterdiği belirtilmiştir(18). Tandu-Umba 2014 çalışmasında streste olan ve olmayan gruplar arasında; ilkokul mezunu olanlar, planlanmamış gebelik ve düşük ekonomik gelir arasında anlamlı ilişki(daha stresli) bulunmuştur(19). Tekgöz ve arkadaşlarının 2009 da yaptığı Ankara çalışmasında; ekonomik durum ile anksiyete arasında anlamlı ilişki bulunurken, gebeliğin planlı olması ve çalışma durumu arasında anlamlı ilişki

bulunmamıştır(20). Çalışmamızla bu çalışmalar arasında sadece ekonomik açıdan benzerliğe rastlanmıştır. Bu benzerlik ve farklılık, kültürel özelliklerin farklı olmasına bağlanabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda, gebelerin yaklaşık dörtte birinin distreste olduğu ve bu durumun sosyo-demografik ve obstetrik özelliklere ilişkili olduğu saptanmıştır. Gebelikte depresif ruh halinin; gebenin, fetüsün, yenidoğanın ve ailenin sağlığını olumsuz etkilediği düşünüldüğünde;

- Ülkemizde de diğer gelişmiş Ülkelerde olduğu gibi gebelik depresyonuna yönelik tarama programları başlatılmalıdır.
- Gebeler sadece fizyolojik ve biyolojik gereksinimler açısından değil psikolojik gereksinimleri de göz önüne alınarak, gebelik takiplerine bütüncül yaklaşılmalıdır.
- Birinci basamak sağlık hizmetlerinde görev yapan doktor, ebe ve hemşirelere yönelik gebelerin ruh sağlığını korumaya yönelik hizmet içi eğitimler düzenlenmelidir.

KAYNAKLAR

- 1- Dağlar G, Nur N. Gebelerin Stresle Başa Çıkma Tarzlarının Anksiyete ve Depresyon Düzeyi ile İlişkisi. Cumhuriyet Tıp Dergisi 2014; 36:429-441.
- 2- Pereira P, Lovisi G, Lima L, Legay L, Cintra Santos F, Santos S, Thiengo D, Valencio E. Depression During Pregnancy: Review of Epidemiological and Clinical Aspect in Developed and Developing Countries. Psychiatric Disorder – Trends and developments 2011.
- 3- Biratu A, Haile D. Prevalence of Antenatal Depression and Associated Factors Among Pregnant Women in Addis Ababa, Ethiopia : a Cross – Sectional Study. Biratu and Haile Reprotuctive Healt 2015; 12-99.
- 4- Ç Kıymet, Aktaş S. Gebelikte Depresyon: Sıklık, Risk Faktörleri ve Tedavisi. Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar 2011; 3(1) :142-162.
- 5- Dağlar G, Nur N, Kadioğlu M. Gebelikte Duygulanım Bozukluğu. KASHED 2015; 2(1):27-40.
- 6- JM Pop V, M Pommer A, Pop –Purceleanu M, AA Wijnen H, Bergink V, Pauwer F. Development of the Tilburg Pregnancy Distress Scale: the TPDS. Pop et al. BMC Pregnancy and Childbirth 2011; 11-8.
- 7- Schetter C, Tanner L. Anxiety, Depression and Stress in Pregnancy: Implications for Mothers, Children, Research, and Practic. Curr Opin Psychiatry 2012 March ; 25(2): 141–148.

- 8- apık A, Apay S, Sakar T. Gebelerde Distres Düzeyinin Belirlenmesi. Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi 2015; 18:3.
- 9- Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü, Nüfus ve sağlık Araştırması. Ankara, Türkiye 2013.
- 10- Arslan B, Arslan A, Kara S, Öngel K, Mungan M. Gebelik Anksiyete ve Depresyonunda Risk Faktörleri: 452 Olguda Değerlendirme. Tepecik Eğitim Hastanesi Dergisi 2011; 21 (2): 79-84
- 11- Ortaarık E, Tekgöz İ, Ak M, Kaya E. İkinci Trimestir Gebelerde Depresyon ve Anksiyete Bozukluğu ile İlişkili Faktörlerin Değerlendirilmesi. İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi 2012; 1: 16-20.
- 12- Bekele D, Worku A, Wondimagegn D. Prevalence and Associated Factors of Mental Distress during Pregnancy among Antenatal Care Attendees at Saint Paul's Hospital, Addis Ababa. Obstet Gynecol Int J 2017, 7(6): 00269.
- 13- Boakye- Yiadom A, Sihuttu S. O, Dutt J, Dapare P. P, Alhassan A. Perceived Stress and Anxiety Among Ghanaian Pregnant Women. Journal of Medical and Biomedical Sciences 2015; 4(2): 29-37.
- 14- Biseteng T, Mihretia G, Muche T. Prevalence and Predictors of Depression among Pregnant Women in Debreabor Town, Northwest Ethiopia. Plos One 2016; 11(9).
- 15- Pereira P, Lovisi G, Lima L, Legay L. Depression During Pregnancy: Prevalence and Risk Factors Among Women Attending a Public Health Clinic in Rio de Janeiro, Brazil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro 2009; 25(12):2725-2736.
- 16- akır L, Can H. Gebelikte Sosyodemografik Değişkenlerin Anksiyete ve Depresyon Düzeyleriyle İlişkisi. Turkish Family Physician 2011; cilt:3, sayı:2.
- 17- Jonsdottir S, Thome M, Steingrimsdottir T, Lydsdottir L, Sigurdsson J, Olafsdottir H, Swahnberg K. Partner Relationship, Social Support and Perinatal Distress Among Pregnant Icelandic Women. Women and Birth 2017; e46-e55.
- 18- Yılmaz S, Beji N. Gebelerin Stresle Başa Çıkma, Depresyon ve Prenatal Bağlanma Düzeyleri ve Bunları Etkileyen Faktörler. Genel Tıp Dergisi 2010; 20(3):99-108.
- 19- Tandu- Umba B, Dedetemo D, Mananga G. Maternal Stress and Pregnancy Outcomes. Open Journal of Obstetrics and Gynecology 2014; 4 (3): 61-370.
- 20- Tekgöz İ, Sunay D, aylan A, Kısa C. Gebeliğin son 3 ayında anksiyete bozukluğu ve ilişkili faktörlerin değerlendirilmesi. Türk Aile Hekimliği Dergisi 2009; 13(3): 132-136.

YETİŞKİN KADINLARIN SAĞLIK ALGISI VE SAĞLIK OKURYAZARLIĞI DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

*Meltem AKBAŞ **Şirin ÇELİKKANAT ***Şule GÖKYILDIZ SÜRÜCÜ

*Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi

Ebelik Bölümü Dr. Öğretim üyesi

**Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi

Ebelik Bölümü Doç. Dr

ÖZET

Amaç: Çalışma, yetişkin kadınların sağlık algısı ve sağlık okuryazarlığı düzeyini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Yöntem: Çalışma tanımlayıcı ve kesitsel tipte yapılmıştır. Araştırmanın verileri, “**Kişisel Bilgi Formu**” ve “**Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği**” ile toplanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde; Yüzde, Ortalama, Student t testi ve ANOVA kullanılmıştır.

Bulgular: Katılımcıların yaş ortalamalarının 37.51 ± 10.84 olduğu, % 82.2’sinin evli olduğu, % 43.9’unun ilköğretim mezunu olduğu, % 66.7’sinin çalışmadığı, % 67.8’inin orta gelirli olduğu, % 66.2’sinin sigara kullanmadığı, % 71.1’inin kronik hastalığı olmadığı, % 52’si sağlık durumunu iyi bulduğu, % 52.6’sı hekime ara sıra başvurduğu, % 50.2’si öncelikle hastanelere başvurduğu, % 54.8’i sağlık dökümanlarını okumadığı, % 79.9’u hastaneden randevu almayı bildiği, % 55.4’ünün hasta haklarını bildiği, % 79.2’sinin başvuracağı birimi bildiği saptanmıştır. Katılımcıların toplam ölçek puan ortalaması 79.13 ± 17.45 , erişim alt boyut puan ortalaması 18.51 ± 5.48 , anlama alt boyut puan ortalaması 21.30 ± 5.69 , değerlendirme alt boyut puan ortalaması 22.96 ± 5.15 , uygulama alt boyut puan ortalaması 16.35 ± 3.72 olduğu saptanmış Cronbach alfa değeri 0.70’in üzerinde bulunmuştur. Katılımcıların toplam ölçek puan ortalaması ve alt boyut puanları ile medeni durum, eğitim durumu, genel sağlık durumu, kronik hastalık varlığı, sağlık dökümanlarını okuma, öncelikli başvurduğu kurum, başvuracağı kurumu bilme, sağlık haberlerini takip etme, randevu almayı bilme, hasta haklarını bilme ve form doldurma becerisi arasında anlamlı ilişki bulunmuştur($p < 0.05$).

Sonuç: Kişilerin sağlık okuryazarlığı puanı orta düzeyde bulunmuştur. İnsanların sahip olduğu kültürel ve toplumsal faktörler, eğitim sistemi, sağlık sistemi sağlık okuryazarlığını etkilediği düşünülürse toplumun sağlık okuryazarlığı düzeyini yükseltmek bireylere daha kaliteli bir yaşam sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Okuryazarlık, Sağlık Okuryazarlığı, Sağlık bilgisi

GİRİŞ

Sağlık okuryazarlığı kavramı literatürde 1970 li yıllarda yer almaya başlamış olmasına rağmen önemi son yıllarda artmıştır. Bireylerin yaşam kalitelerini sürdürmek ve yükseltmek için, günlük yaşantılarında sağlıklarıyla ilgili doğru karar verme; hastalıklarını önlemek amacıyla sağlıkla ilgili kavramları anlama, erişme uygulama ve değerlendirme yeterliliğine sahip olması sağlık okuryazarlığı olarak tanımlanabilir(1). Bir toplumda sağlık okuryazarlığının hangi seviyede olduğu önemlidir, yüksek sağlık okuryazarlığı kişinin sağlığını yönetmesi ve toplumun kaynaklarını daha verimli kullanmasını sağlar(2). Düşük yada sınırlı sağlık okuryazarlığı olan kişilerin koruyucu sağlık hizmetlerini daha az kullandığı, kronik hastalıkları yönetmekte zorlandığı, acil servisi daha sık kullandığı ve daha sağlıksız yaşam biçimi davranışlarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bunların sonucunda sağlık harcamalarında artan maliyetler tüm dünya ülkelerinin ortak sorunu haline gelmiştir(3). Yakın zamana kadar sağlık okuryazarlığına olan ilgi daha çok Amerika ve Kanada da yoğunlaşmışken bu nedenlerden dolayı son dönemlerde daha uluslararası bir durum haline gelmiştir ve sağlık okuryazarlığı çalışmaları Avustralya, Kore, Japonya , İngiltere, Hollanda, İsviçre gibi ülkelerde de çalışmalar artmıştır(4). Ülkemizde de sağlık okuryazarlığı çalışmaları artmış olup, toplumun %64,6'sının “yetersiz” (%24,5) veya “sorunlu” (%40,1) sağlık okuryazarlığı kategorilerinde olduğu saptanmıştır. Yaklaşık 53 milyonluk Türkiye yetişkin nüfusu göz önüne alındığında, 35 milyon kişinin “yetersiz” ve “sorunlu” sağlık okuryazarlığına sahip olduğunu göstermektedir(5). Diğer dünya ülkelerine bakıldığında Ülkelerin %2 ve %27 arasında değişen oranlarında yetersiz sağlık okuryazarlığı seviyesinde olduğu saptanmıştır. Hollanda’da bireylerin %29’unun, Bulgaristan’da ise %62’sinin düşük sağlık okuryazarlığına sahip olduğu(6), Amerika’da İspanyollarda %66, siyahi %58, Alaska yerlilerinde %48’inin sınırlı sağlık okuryazarlığı görülmüştür(7). Bu veriler ışığında, dünya ülkelerinin çoğunluğunun sınırlı yada yetersiz sağlık okuryazarlığına sahip olması; bireylerin toplum sağlığı hizmetlerinden yeterince faydalanamaması, sağlık sorumluluklarını yerine getirememesi ve bunların bereberinde artan sağlık harcamalarına neden olacaktır(8). Bu sebeple sağlık okuryazarlığını yükseltmek bilinçli seçimler, azalan sağlık riskleri, sağlık bakım sisteminin navigasyonu, sağlıkta eşitlik ve artan yaşam kalitesini beraberinde getirecektir(9). Bir çok dünya ülkesinin yanı sıra ülkemizde de sağlık okuryazarlığını geliştirmek için önemli adımlar atılmaktadır. Sağlık Bakanlığının 2013-2017 stratejik planında toplumda sağlık okuryazarlığını artırmak için iletişim faaliyetlerini güçlendirmek için hedefe yönelik başlıklar bulunmaktadır(10). Bu süreçte dinamik bir alan olan sağlık sisteminde; sürekli gelişen teknoloji, artan bilginin çokluğu ve karmaşıklığı içinde bireyin ve toplumun güçlenmesi için sağlık profesyonellerine önemli görevler düşmektedir(11). Çalışmanın

sağlık okuryazarlığı çalışmalarının yetersiz olması ve öneminin her geçen gün artması nedeniyle literature önemli katkı sunacağı düşünülmektedir.

Çalışma, yetişkin kadınların sağlık algısı ve sağlık okuryazarlığı düzeyini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırmanın Türü

Araştırma tanımlayıcı ve kesitsel bir araştırmadır.

Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zaman

Araştırma , Adana Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi Polikliniklerinde 1-28 şubat tarihleri arasında yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı Kadın-Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi bir dal hastanesi olması ve yoğun olması sebebiyle seçilmiştir.

Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini belirtilen hastanenin polikliniklerine herhangi bir nedenle başvuran 20-59 yaş arasındaki tüm yetişkin kadınlar oluşturacaktır. Örneklem sayısı Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) 2016 Adana ili kadın nüfusu verileri kullanılarak belirlenmiştir. TUIK verilerine göre 20-59 yaş grubu Adana ili kadın nüfusu 600,203'tür. Araştırmaya katılan kadınlar "20-29", "30-39", "40-49", "50 -59" yaş gruplarına ayrılarak her yaş grubu için 1/1.000'lik bir tabakalı örnekleme yöntemi ile seçilen toplam yetişkin kadının örneklemini oluşturmuştur. Buna göre gruptaki yetişkin kadın sayısı sırasıyla,174,174,141,117 'dir. Örneklem Türkçe konuşabilen, sağlık durumu araştırmaya katılmaya engel oluşturmayan kişiler dahil edilmiştir. Çalışmaya alınma kriterlerine uyan ve çalışmaya katılmaya gönüllü olan 606 kişi örneklemi oluşturmuştur.

Veri Toplama Araçları

Araştırmanın verileri, “**Kişisel Bilgi Formu**” ve “**Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği**” ile toplanmıştır. Kişisel bilgi formu katılımcıların sosyodemografik özelliklerine ilişkin 7, sağlık algılarına yönelik 13 soru olmak üzere toplam 20 sorudan oluşmaktadır. Toci, Sorensen ve arkadaşları tarafından geliştirilen (2014) ve Türkçe geçerlik ve güvenirliği Çimen, Bayık Temel (2015) tarafından yapılan “Sağlık Okuryazarlığı Tanılama Ölçeği” 25 madde ve “erişim, “anlama”, “değerlendirme” ve “uygulamadır” şeklindeki 4 alt boyuttan oluşmaktadır Ölçekten en az 25 en fazla 125 puan alınmaktadır. Ölçek maddeleri “1:Hiç zorluk çekmiyorum, 2:Az zorluk çekiyorum, 3:Biraz zorluk çekiyorum, 4:Çok zorluk çekiyorum, 5: Yapamayacak durumdayım”şeklinde 5’li likert yapıdadır. Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği 25 madde ve dört alt ölçekten oluşmaktadır. Bilgiye Erişim beş madde (1.-5. maddeler) içermektedir, bu alt ölçekten alınacak mnimum puan 5, maksmum puan 25’dr. Bilgileri Anlama yedi madde çermektedir (6.-12. maddeler) bu alt ölçekten alınacak mnimum puan 7, maksmum puan 35’dr. Değer Biçme/ Değerlendirme alt ölçeği sekiz madde içermektedir (13.-20. maddeler) bu alt ölçekten alınacak mnimum puan 8, maksmum puan 40’dır. Uygulama/ Kullanma alt ölçeği de beş madde (21.-25. maddeler) içermektedir, bu alt ölçekten alınacak minimum puan 5, maksimum puan 25’dir.

BULGULAR

Tablo 1. Kadınların Tanıtıcı Özellikleri(N: 606)

		Min-Max	Ort±SS(Medyan)	
Yaş		20-59	37.51±10.84	
			n	%
Yaş grubu	20-29		174	28.7
	30-39		174	28.7
	40-49		139	22.9
	50-59		119	19.6
Medeni durum	Evli		498	82.2
	Bekar		108	17.8
Eğitimi	İlkokul		266	43.9
	Ortaokul		105	17.3
	Lise		150	24.8
	Üniversite ve üzeri		85	14
Mesleği	Ev hanımı		404	66.7
	İşci		71	11.7
	Diğer		131	21.6
Sağlık Güvencesi	Var		534	88.1
	Yok		72	11.9
Gelir durumu	İyi		97	16
	Orta		411	67.8
	Kötü		98	16.2
Sigara kullanma	Evet		205	33.8
	Hayır		401	66.2
Kronik hastalık varlığı	Evet		169	27.9
	Hayır		437	71.1

Katılımcıların yaş ortalamasının 37.51 ± 10.84 olduğu, %82.2'sinin evli olduğu, %43.9'unun ilköğretim mezunu olduğu, %66.7'sinin ev hanımı olduğu, %88.1'inin sağlık güvencesi olduğu, %67.8'inin orta gelir seviyesine sahip olduğu, %66.2'sinin sigara kullanmadığı ve %71.1'inin kronik hastalığının olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 2. Sağlık Okuryazarlığına İlişkin Özellikler(N:606)

		n	%
Genel sağlığa ilişkin değerlendirme	İyi	315	52.0
	Orta	247	40.8
	Kötü	44	7.3
Hekime başvuru sıklığı	Herzaman	43	7.1
	Ara sıra	319	52.6
	Hiçbirzaman	244	40.3
Öncelikli başvurulanan kurum	Aile Hekimliği	302	49.8
	Hastaneler	304	50.2
Sağlık dökümanlarını okuma	Evet	274	45.2
	Hayır	332	54.8
Sağlık haberlerini takip etme	Evet	283	46.7
	Hayır	323	53.3
Sağlıkla ilgili kitapçık ve broşür anlama zorluğu	Herzaman	134	22.1
	Ara sıra	304	50.2
	Hiçbirzaman	168	27.7
Sağlık kuruluşlarında form doldurma	Kendi başıma doldurabilirim	455	75.1
	Yanımdaki kişiden yardım alırım	116	19.1

	Sağlık personelinin yardım alırım	35	5.8
Kilonun boya göre oranını bilme	Evet	351	57.9
	Hayır	255	42.1
Hastaneden randevu almayı bilme	Evet	484	79.9
	Hayır	122	20.1
Hasta haklarını bilme	Biliyorum	336	55.4
	Bilmiyorum	270	44.6
Başvuracağı sağlık birimini bilme	Evet	480	79.2
	Hayır	126	20.8

Sağlık okuryazarlığına ilişkin özelliklere bakıldığında; %52'sinin sağlığını iyi olarak değerlendirdiği, %52.2'sinin hekime ara sıra başvurduğu, %50.2'si öncelikle hastanelere başvurduğu, %54.8'inin sağlık dökümanlarını okumadığı, %53.3'ünün sağlık haberlerini takip etmediği, %50.2'sinin sağlıkla ilgili broşürleri anlamakta ara sıra zorlandığı, %75.1'inin sağlık kuruluşlarında tek başına form doldurabildiği, %57.9'u kilonun boya göre oranını bildiği, %79.9'u hastaneden randevu almayı bildiği, %55.4'ü hasta haklarını bildiği ve %79.2'si başvuracağı sağlık birimini bildiği saptanmıştır.

Tablo 3. Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği ve alt boyutları puan ortalamaları(N:606)

Ölçek ve alt	Madde	Ort±SS	Min-	Cronbach alfa değeri
Toplam	25	79.13±17.4	25-125	0.92
Erişim alt boyut	1-5	18.51±5.48	5-25	0.91
Anlama alt boyut	6-12	21.30±5.69	7-35	0.81
Değerlendirme	13-20	22.96±5.15	8-40	0.73
Uygulama alt boyut	21-25	16.35±3.72	5-25	0.73

Katılımcıların sağlık okuryazarlığı toplam ölçek puanının 79.13±17.45, Erişim alt boyutunun 18.51±5.48, Anlama alt boyutunun 21.30±5.69, Değerlendirme alt boyutunun 22.96±5.15, Uygulama alt boyutunun 16.35±3.72 olduğu ve sağlık okuryazarlığı toplam ölçek puanlarının ve alt boyutlarının Cronbach alfa katsayısının 0.70'in üzerinde olduğu saptanmıştır.

Tablo 4. Katılımcıların sağlık okuryazarlığı ölçeği toplam ve alt boyut ortalamalarının çeşitli değişkenlere göre dağılımı

	n	%	Erişim	Anlama	Değerlendirm e	Uygulama	Toplam
Medeni durum							
Evli	498	82.	18.09±5.60	20.70±5.73	22.58±5.18	16.14±3.76	77.54±17.74
Bekar	108	17.	20.42±4.42	24.05±4.57	24.69±4.63	17.28±3.35	86.46±13.92
t değeri			-4.713	-6.560	-4.184	-3.125	-5.724
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.002*	0.000*
Sağlık Güvencesi							
Var	534	88.	18.73±5.26	21.43±5.58	23.06±4.95	16.38±3.67	79.62±16.82
Yok	72	11.	16.84±6.71	20.33±6.40	22.19±6.44	16.06±4.08	75.44±21.32
t değeri			2.293	1.545	1.106	0.685	1.599
p değeri			0.024	0.123	0.272	0.494	0.113
Sigara kullanma							
Evet	205	33.	18.48±5.44	21.12±5.29	22.56±4.36	16.10±3.78	78.27±16.08
Hayır	401	66.	18.52±5.50	21.39±5.88	23.16±5.51	16.47±3.68	79.56±18.11
t değeri			-0.076	-0.571	-1.482	-1.179	-0.895
p değeri			0.939	0.569	0.139	0.239	0.371
Kronik Hastalık var mı?							
Evet	169	27.	17.07±6.00	19.36±6.12	21.39±5.34	15.42±4.38	73.26±19.60
Hayır	437	72.	19.06±5.16	22.05±5.33	23.56±4.95	16.70±3.36	81.40±16.00
t değeri			-3.799	-5.019	-4.735	-3.432	-4.809
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.001*	0.000*
Öcelikli başvurulacak kurum							
Aile hekimliği	302	49.8	18.91±5.44	21.61±5.59	23.27±5.29	16.95±3.25	80.76±17.37
Hastane	304	50.2	18.10±5.49	21±5.78	22.65±4.99	15.75±4.04	77.51±17.41
t değeri			1.81	1.32	1.49	4.02	2.29
p değeri			0.06	0.18	0.13	0.000*	0.02*
Sağlık Dökümanlarını Okuma							
Evet	274	45.	21.49±3.77	24.53±4.34	25.20±4.29	17.68±3.15	88.91±12.43
Hayır	332	54.	16.04±5.45	18.64±5.28	21.11±5.07	15.25±3.79	71.05±16.86
t değeri			14.484	15.060	10.592	8.605	14.985

p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
Sağlık haberlerini takip etme							
Evet	283	46.	21.37±3.90	24.61±4.02	25.32±4.15	17.71±2.95	89.02±11.75
Hayır	323	53.	16.00±5.44	18.40±5.35	20.89±5.06	15.15±3.91	70.46±17.02
t değeri			14.06	16.25	11.80	9.13	15.75
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
Kilonun boya göre normal olup olmadığını bilme							
Evet	351	57.	20.90±4.43	23.71±4.74	24.78±4.49	17.62±3.07	87.03±13.58
Hayır	255	42.	15.21±5.06	17.98±5.20	20.45±4.95	14.59±3.81	68.24±16.30
t değeri			14.39	13.87	11.21	10.47	15.00
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
Hastaneden randevu almayı bilme							
Evet	484	79.	19.80±4.76	22.54±5.09	24.01±4.62	16.93±3.29	83.29±14.87
Hayır	122	20.	13.38±5.14	16.37±5.27	18.79±5.04	14.04±4.36	62.59±17.18
t değeri			13.08	11.87	10.92	6.84	12.20
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
Hasta haklarını bilme							
Biliyorum	336	55.	21.36±3.98	23.94±4.45	25.09±4.35	17.63±3.27	88.04±12.72
Bilmiyorum	270	44.	14.96±4.99	18.01±5.34	20.30±4.83	14.75±3.62	68.04±16.14
t değeri			17.11	14.59	12.81	10.16	16.62
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
Başvuracağı birimi bilme							
Evet	480	79.	19.81±4.71	22.40±5.17	23.90±4.72	16.97±3.39	83.09±15.19
Hayır	126	20.	13.53±5.36	17.11±5.65	19.39±5.20	13.99±3.96	64.03±17.32
t değeri			12.91	10.02	9.32	7.72	12.15
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*

Ölçek puanının çeşitli değişkenlere göre dağılımında, sağlık okuryazarlığı toplam ölçek puanı ve alt boyutları ile medeni durum arasında anlamlı ilişki bulunmuştur($p<0.05$). Sağlık güvencesi ile toplam ölçek puanı ve anlama, uygulama, değerlendirme alt boyutları arasında anlamlı ilişki bulunmazken($p>0.05$) erişim alt boyutu ile anlamlı ilişki bulunmuştur($p<0.05$). Sigara kullanma ile toplam ölçek puanı ve alt boyutları arasında anlamlı ilişki bulunmuştur($p>0.05$). Toplam ölçek

puanı ve alt boyutları ile kronik hastalık varlığı, öncelikli başvurulacak kurum, sağlık dökümanlarını okuma, sağlık haberlerini takip etme, kilonun boya göre oranını bilme, hastaneden randevu almayı bilme, hasta haklarını bilme ve başvuracağı birimi bilme arasında yüksek derecede anlamlı ilişki bulunmuştur($p<0.05$).

Tablo5. Katılımcıların sağlık okuryazarlığı ölçeği toplam ve alt boyut ortalamalarının çeşitli değişkenlere göre One-way Anova ve Tukey Testi karşılaştırmasını Gösteren Dağılım

	n	%	Erişim	Anlama	Değerlendirm	Uygulama	Toplam
Eğitim durumu							
İlkokul	266	43.	15.75±5.40	18.30±5.5	20.77±5.21	14.95±3.92	69.80±17.58
Ortaokul	105	17.	18.34±5.35	21.54±4.7	23.14±4.55	16.36±3.36	79.39±14.50
Lise	150	24.	21.44±3.82	23.74±4.4	24.87±4.39	17.40±3.19	87.46±12.71
Üniversite ve	85	14	22.16±3.15	26.09±3.0	26.21±3.63	18.84±2.12	93.31±8.25
F değeri			64.79	73.07	40.80	34.06	76.10
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.000	0.000*
Post-Hoc(Tukey HSD)							
Toplam	Eğitim(xi)			Eğitim(xj)		X(I-j)	p
	İlkokul			Ortaokul		-9.58	0.000
				Lise		-17.65	0.000
				Üniversite ve Üzeri		-23.51	0.000
	Ortaokul			İlkokul		9.58	0.000
				Lise		-8.06	0.000
				Üniversite ve Üzeri		-13.92	0.000
	Lise			İlkokul		17,65	0.000
				Ortaokul		8.06	0.000
				Üniversite ve Üzeri		-5.85	0.020
	Üniversite ve Üzeri			İlkokul		23.51	0.000
				Ortaokul		13.92	0.000
				Lİse		5.85	0.020
Genel sağlık durumu							
	n	%	Erişim	Anlama	Değerlendirm	Uygulama	Toplam
İyi	315	52	20.12±4.71	22.94±4.9	24.16±4.63	17.18±3.50	84.40±14.68
Orta	247	40.	16.91±5.58	19.77±5.7	21.91±5.33	15.65±3.59	74.23±17.88

Kötü	44	7.3	15.95±6.48	18.27±6.6	20.34±5.49	14.36±4.38	68.93±20.83
F değeri			31.89	31.01	20.59	19.54	35.13
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
Post-Hoc(Tukey HSD)							
Toplam	Genel Sağlık Durumu(xi)		Genel Sağlık Durumu (xj)		X(I-j)	p	
	İyi		Orta		10.16	0.000*	
			Kötü		15.46	0.000*	
	Orta		İyi		-10.16	0.000*	
			Kötü		5.30	0.123	
	Kötü		İyi		-15.46	0.000*	
Orta			-5.30	0.123			
Kitapçık ve broşürleri anlama zorluğu							
	n	%	Erişim	Anlama	Değerlendirm	Uygulama	Toplam
Herzaman	134	22.	16.08±5.98	19.13±6.0	21.22±5.28	15.22±4.25	71.66±19.15
Ara sıra	304	50.	18.17±4.77	21.24±5.1	22.98±4.95	16.11±3.53	78.51±15.71
Hiçbirc zaman	168	27.	21.06±5.24	23.15±5.6	24.32±5.02	17.70±3.18	86.22±16.34
F değeri			35.51	19.72	13.98	18.92	28.75
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
Post-Hoc(Tukey HSD)							
Toplam	Kitap ve broşür		Kitap ve broşür		X(I-j)	p	
	Herzaman		Ara sıra		-6.85	0.000*	
			Hiçbirc zaman		-14.56	0.000*	
	Ara sıra		Herzaman		6.85	0.000*	
			Hiçbirc zaman		-7.71	0.000*	
	Hiçbirc zaman		Herzaman		14.56	0.000*	
Ara sıra			7.71	0.000*			
Form doldurma becerisi							
	n	%	Erişim	Anlama	Değerlendirm	Uygulama	Toplam
Kendi başı	455	75.1	19.99±4.56	22.72±4.91	24.12±4.55	16.93±3.28	83.76±14.46
Yanımdaki kişiden yardım	116	19.1	14.55±5.51	17.59±5.63	20.05±5.15	14.84±4.48	67.03±18.33

Sağlık person	35	5.8	12.40±5.66	15.20±5.80	17.63±5.48	13.89±3.89	59.11±17.10
F değeri			88.39	73.05	57.73	24.53	85.62
p değeri			0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
Post-Hoc(Tukey HSD)							
Toplam	Form doldurma beceri(xi)		Forma doldurma		X(İ-J)	P	
	Kendi başına doldurabilir		Yanımdakiden yardım alır.		16.73	0.000*	
			Sağlık per. yardım alırım		24.64	0.000*	
	Yanımdaki kişiden yardım alırım		Kendim doldurabilirim		-16.73	0.000*	
			Sağlık per. yardım alırım		7.91	0.022*	
	Sağlık personelinde yardım alırım		Kendim doldurabilirim		-24.64	0.000*	
			Yanımdakinden yardım alır.		-7.91	0.022*	

Katılımcıların sağlık okuryazarlığı toplam ölçek puanı ve alt boyutları ile eğitim durumu, genel sağlık durumunu algılama, kitapçık ve broşürleri anlama zorluğu, form doldurma becerisi arasında anlamlı ilişki bulunmuştur($p<0.05$). Poast-Hoc testlerinde anlamlılık ilişkileri tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 6. Sağlık okuryazarlığı ölçeği toplam puan ve alt boyutlarının yaş ile korelasyonu

		Toplam	Erişim	Anlama	Uygulam	Değerlendirm
Yaş	r	-0.43	-0.33	-0.45	-0.42	-0.30
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	toplam	606	606	606	606	606

Sağlık okuryazarlığı ve alt boyutlarının yaş ile korele olduğu ve negatif yönde güçlü ilişki görülmüştür. Yaş küçüldükçe sağlık okuryazarlığı artmaktadır.

TARTIŞMA

Çalışmamızda, toplam ölçek puanı 79.13 ± 17.45 , erişim alt boyutu 18.51 ± 5.48 , anlama alt boyutu 21.30 ± 5.69 , değerlendirme alt boyutu 22.96 ± 5.15 , uygulama alt boyutu 16.35 ± 3.72 bulunmuştur. Aras ve Bayık Temel'in çalışmasında toplam ölçek puanı 90.30 ± 12.4 , erişim alt boyutu 19.56 ± 3.1 , anlama alt boyutu 24.32 ± 4.5 , değerlendirme alt boyutu 30.08 ± 4.7 , uygulama alt boyutu 18.64 ± 3.2 bulunmuştur(12). Aras ve Bayık Temel'in çalışmasında toplam ölçek puanı ve alt boyut puan ortalamaları bizim çalışmamızdan yüksek bulunmuştur. Bizim çalışmamızın sağlık okuryazarlığı puan ortalamalarının daha düşük olması sosyodemografik özelliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sağlık okuryazarlığı toplam ölçek puanı ve alt boyut puan ortalamaları ile medeni durum arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Bekar olanların sağlık okuryazarlığı puanı yüksek çıkmıştır. Liu ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptığı çalışmada medeni durum ile sağlık okuryazarlığı arasında anlamlı ilişki çıkmıştır(13). Çalışmamız Liu ve arkadaşlarının çalışmasıyla benzerlik göstermektedir. Sağlık okuryazarlığı toplam puanı ve alt boyut puan ortalamaları ile eğitim durumu arasında anlamlı ilişki çıkmıştır. Duong ve arkadaşlarının 6 Asya ülkesiyle yaptığı çalışmada tüm ülkelerde sağlık okuryazarlığı ile eğitim düzeyi anlamlı bulunmuştur(14). Charlot ve arkadaşlarının farklı ırklar üzerinde yaptığı çalışmada sağlık okuryazarlığı ve eğitim arasında anlamlı ilişki bulunmuştur(15). Çalışmamız Duong ve Charlot'un yaptığı çalışmalar ile benzer sonuçlar elde etmiştir. Eğitim düzeyi yükseldikçe sağlık okuryazarlığı seviyesinin arttığı görülmüştür. Çalışmamızda sağlık okuryazarlığı puanları ile sosyal güvence ve sigara kullanma arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır. Kahraman ve arkadaşlarının 2018 yılında yaptığı çalışmada sağlık okuryazarlığı ile sosyal güvence arasında fark bulunmamıştır(16). Hoover ve arkadaşlarının çalışmasında düşük sağlık okuryazarlığının sigara içme davranışlarını artırdığını belirtmektedir(17). Çalışmamız Kahraman ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ile benzer bulunmuştur fakat Hoover ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde edilmemiştir. Benzerlik olmayışını sosyoekonomik ve sosyodemografik özelliklere bağlamak mümkündür. Çalışmamızda kronik hastalık varlığı ve bireyin kendi sağlığını algılama düzeyi ile sağlık okuryazarlığı puanı arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Todorovic ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kronik hastalık varlığı ve kendi sağlığını algılama düzeyi ile sağlık okuryazarlığı arasında anlamlı ilişki çıkmıştır(18). Penaloza ve arkadaşlarının 2019'da yaptığı çalışmada sağlık

algısı ile sağlık okuryazarlığı arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır(19). Benzerlik bulunmaması sosyodemografik ve kültürel özelliklere bağlanabilir. Çalışmada sağlık okuryazarlığı ölçek puanı ve alt boyut ortalamalarının yaş ile negatif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. Aydın ve Aba'nın çalışmasında sağlık okuryazarlığı ile anlamlı ilişki bulunmamıştır(20). Sorensen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada yaş ile sağlık okuryazarlığı arasında önemli düzeyde anlamlı ilişki bulunmuştur(21). Berens ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da yaş ile sağlık okuryazarlığı arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır(22). Çalışmamızda sağlık okuryazarlığı puanı ile sağlık dökümanlarını okuma, sağlık haberlerini takip etme, başvuracağı birimi bilme, hastaneden randevu almayı bilme, sağlık formlarını doldurma arasında anlamlı ilişki çıkmıştır. Bu soruların sağlık okuryazarlığını etkileyen etmenler olması nedeniyle beklenen bir sonuçtur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada sağlık okuryazarlığı seviyesi dünyanın birçok ülkesinde yapılan çalışmalarla paralel bulunmuş olup istenen seviyede değildir. Bu durum bireylerin aldığı sağlık hizmetini etkilemektedir ve koruyucu sağlık hizmetlerinin yeterince kullanılmaması nedeni ile kronik hastalıkların artmasına sebep olmaktadır. Olay sadece bireylerin yaşam kalitesini etkilemekle kalmayıp artan sağlık harcamaları ülkelere büyük bir yük oluşturmaktadır.

Bu nedenle;

Bireysel, sosyal ve çevresel faktörlerle birlikte eğitim sistemi ve sağlık sisteminden de etkilenen sağlık okuryazarlığını geliştirmek için sektörler arası işbirliği gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. opurlar C. K, Kartal M. (2016). Sağlık Okuryazarlığı Nedir? Nasıl Değerlendirilir? Neden Önemli?. *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*, 10(1).
2. Kahraman, Ç. A. T. I., Karagöz, Y., Yalman, F., & Yusuf, Ö. C. E. L. (2018). Sağlık Okuryazarlığının Hasta Memnuniyeti Üzerine Etkisi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*.
3. Taş T. A, Akiş N.(2016). Sağlık Okuryazarlığı. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 119-124.

4. Sorensen, K., Van den Broucke, S., Fullam, J., Doyle, G., Pelikan, J., Slonska, Z., & Brand, H. (2012). Health literacy and public health: a systematic review and integration of definitions and models. *BMC public health*, 12(1), 80.
5. Ilgaz, A., & Gözüm, S. (2016). Tamamlayıcı Sağlık Yaklaşımlarının Güvenilir Kullanımı İçin Sağlık Okuryazarlığının Önemi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 9(2).
6. Yılmaz, M., & TİRAKİ, Z. (2016). Sağlık Okuryazarlığı Nedir? Nasıl Ölçülür?. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 9(4).
7. Hersh, L., Salzman, B., & Snyderman, D. (2015). Health Literacy in Primary Care Practice. *American family physician*, 92(2).
8. Yılmazel, G., & Çetinkaya, F. (2016). Sağlık okuryazarlığının toplum sağlığı açısından önemi. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 15(1), 69-74.
9. Pleasant, A. (2014). Advancing health literacy measurement: a pathway to better health and health system performance. *Journal of health communication*, 19(12), 1481-1496.
10. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı(2012). 2013-2017 Stratejik Plan. Erşim :17.04.2019
11. Aslantekin, F., & Yumrutaş, M. (2014). Sağlık Okuryazarlığı ve Ölçümü. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 13(4).
12. Temel, A. B., & Zühal, A. R. A. S. Sağlık Okuryazarlığı Ölçeğinin Türkçe Formunun Geçerlilik Ve Güvenirliğinin Değerlendirilmesi. *Florence Nightingale Hemşirelik Dergisi*, 25(2), 85-94.
13. Liu, Y. B., Liu, L., Li, Y. F., & Chen, Y. L. (2015). Relationship between health literacy, health-related behaviors and health status: A survey of elderly Chinese. *International journal of environmental research and public health*, 12(8), 9714-9725.
14. Duong, T. V., Aringazina, A., Baisunova, G., Pham, T. V., Pham, K. M., Truong, T. Q., ... & Huang, H. L. (2017). Measuring health literacy in Asia: Validation of the HLS-EU-Q47 survey tool in six Asian countries. *Journal of epidemiology*, 27(2), 80-86.
15. Charlot, M., Winter, M. R., Cabral, H., Wolf, M. S., Curtis, L. M., Hanchate, A., & Paasche-Orlow, M. (2017). Patient Activation Mediates Health Literacy Associated with Hospital Utilization Among Whites. *HLRP: Health Literacy Research and Practice*, 1(3), e128-e135.
16. Kahraman, Ç. A. T. I., KARAGÖZ, Y., YALMAN, F., & Yusuf, Ö. C. E. L. (2018). Sağlık Okuryazarlığının Hasta Memnuniyeti Üzerine Etkisi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*.

17. Hoover, D. S., Wetter, D. W., Vidrine, D. J., Nguyen, N., Frank, S. G., Li, Y., ... & Vidrine, J. I. (2018). Enhancing smoking risk communications: the influence of health literacy and message content. *Annals of Behavioral Medicine*, 52(3), 204-215.
18. Todorovic, N., Jovic-Vranes, A., Djikanovic, B., Pilipovic-Broceta, N., Vasiljevic, N., Lucic-Samardzija, V., & Peric, A. (2019). Assessment of health literacy in the adult population registered to family medicine physicians in the Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. *European Journal of General Practice*, 25(1), 32-38.
19. Penaloza, R., Navarro, J. I., Jolly, P. E., Junkins, A., Seas, C., & Otero, L. (2019). health literacy and knowledge related to tuberculosis among outpatients at a referral hospital in lima, Peru. *Research and Reports in Tropical Medicine*, 10, 1.
20. Aydin, D., & Aba, Y. A. (2019). Annelerin Sağlık Okuryazarlığı Düzeyleri ile Emzirme Öz-Yeterlilik Algıları Arasındaki İlişki. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 12(1).
21. Sorensen, K., Pelikan, J. M., Röthlin, F., Ganahl, K., Slonska, Z., Doyle, G., ... & Falcon, M. (2015). Health literacy in Europe: comparative results of the European health literacy survey (HLS-EU). *European journal of public health*, 25(6), 1053-1058.
22. Berens, E. M., Vogt, D., Messer, M., Hurrelmann, K., & Schaeffer, D. (2016). Health literacy among different age groups in Germany: results of a cross-sectional survey. *BMC Public Health*, 16(1), 1151.

OBEZİTE TEDAVİSİNDE YENİ BİR PEPTİD (HORMON) : OBESTATİN

Şükrü AKMEŞE 1* ve Sedat COŞKUNSU 2

1 Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu
Hemşirelik Bölümü, Artuklu/Mardin

2 Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu
Beslenme ve Diyetetik Bölümü
Artuklu/Mardin

ÖZET

Obezite, çevresel ve genetik nedenleri olan tüm dünya için ciddi ve kronik bir hastalıktır. Yağ dokusunun vücutta normalden fazla birikmesi ile gelişir, tıbbi ve psikolojik tedavi gerektirir. Obezitenin en önemli risk faktörleri; beslenme alışkanlıkları, fiziksel aktivitede azalma, genetik, eğitim düzeyi, doğum sayısı, yaş ve cinsiyet oluşturmaktadır. Obezite gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hızla yayılmaktadır. Birçok kronik hastalığın obezite nedeni olduğu bilinmektedir. Bu nedenle obezitenin tedavi yöntemlerinin iyi bilinmesi ve yeni tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. 23 amino asitlik bir peptid olan obestatin, preprogrelin öncüsünden elde edilir. Obestatin, 2005 yılında gıda alımını ve enerjisini düzenleyen ve grelininkilerle zıt etkilere sahip bir hormon olarak tanımlandı. Grelın en iyi bilinen oreksijenik bir hormondur. Obestatin ise anoreksijenik bir hormon olduğu ileri sürülmektedir. Ancak, çalışmalar ilerledikçe obestatinin fizyolojik fonksiyonu ile ilgili birçok anlaşmazlık ortaya çıkmıştır. Obestatinin gıda alımını baskılayıcı etkileri birçok çalışmada gösterilmiştir. Obestatinin birçok biyolojik rolü ortaya çıkmıştır ve beslenme, içme, atılım, hafıza, uyku ve nöropsikiyatrik belirtilerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Obeziteyi engelleyebileceğine dair çalışmalar bulunmaktadır ama gıda alımını azaltmadığını gösteren çalışmalarda vardır. Obestatinin tam olarak iştah ve enerji metabolizmasındaki rolü aydınlatılmamıştır. Daha fazla bilimsel araştırma ve deneyler yaparak obestatinin obezite tedavisinde kullanılabilecek bir yöntem olduğu ispatlanabilir.

Anahtar kelimeler: Obezite, Obestatin, Ghrelin

ABSTRACT

Obesity is a serious and chronic disease for the whole world with environmental and genetic causes. It develops with the accumulation of adipose tissue in the body more than normal, requires medical and psychological treatment. The most important risk factors of obesity are; dietary habits, decrease in physical activity, genetics, education level, number of births, age and gender. Obesity is rapidly spreading in developed and developing countries. It is known that many chronic diseases are caused by obesity. Therefore, treatment methods of obesity should be well known and new treatment methods should be developed. Obestatin, a 23 amino acid peptide, is obtained from the precursor of preproghrelin. Obestatin was defined as a hormone that regulates food intake and energy in 2005 and has opposite effects with those of ghrelin. Ghrelin is the most well known orexigenic hormone. Obestatin is suggested to be an anorexigenic hormone. However, as the studies progressed, many disagreements have arisen about the physiological function of the obestatin. Many studies have shown the effects of obestatin on food intake. Many biological roles of obestatin have emerged and are thought to be associated with nutrition, drinking, excretion, memory, sleep, and neuropsychiatric symptoms. There are studies suggesting that obesity may be obstructed, but there are studies showing that it does not reduce food intake. The role of obestatin in the appetite and energy metabolism is not elucidated. By conducting more scientific research and experiments, it can be proved that obestatin is a method that can be used in the treatment of obesity.

Keywords: Obesity, Obestatin, Ghrelin

GİRİŞ

Geçtiğimiz birkaç on yılda, fazla kilolu veya obez olan kişilerin sayısında çarpıcı bir artış olmuştur. Obezite salgını birçok ülkede önemli bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir. Obezite diyabet, hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar, hiperlipidemi, osteoartrit ve birkaç kanser riskini arttırmaktadır. Obezitenin etkin kontrolü, bu hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde büyük

öneme sahip olacaktır. Birçok araştırma grubu obeziteye bağlı peptidlere odaklanmaktadır (Li et al., 2011).

Bu peptidler arasında yağ dokusundan salgılanan leptin, kanda dolaşır ve sindirim davranışını ve enerji dengesini düzenleyen merkezi sinir ağları üzerinde hareket eder. Hipotalamusdaki reseptörlerine bağlanarak doyumluk hissini meydana getirmekte ve böylece yemek yenilmesi durdurulmaktadır (Campfield, Smith, & Burn, 1996; Y. Zhang et al., 1994). Diğer bir peptid olan grelin açlık hormonu olarak bilinir ve gıda alımını teşvik eder. Greltin gıda alımı, enerji ve glukoz homeostazı, gastrointestinal ve kardiyovasküler fonksiyon, hücre çoğalması ve farklılaşması, kemik fizyolojisi ve büyüme hormonu sekresyonu gibi çeşitli fizyolojik süreçlerde rol oynar (Asakawa, Inui, Kaga, Yuzuriha, Nagata, Fujimiya, et al., 2001; Baldanzi et al., 2002; Carlini et al., 2002; Kojima et al., 1999; Nakazato et al., 2001; Soares & Leite-Moreira, 2008).

Obestatin yeni keşfedilen bir peptiddir. Greltin gibi, preprogrelin geninden gelir ve preprogrelin peptidinin post-translasyonel işlemlerinden oluşmaktadır. Obestatin, preprogrelin geninden kopyalanır ve C-terminal amidasyonu biyolojik aktivite için ön şarttır. Obestatinin, 11 farklı memeli türünün preprogrelin sekanslarında korunduğu bulunmuştur (Ren et al., 2009).

Obestatinin enerji homeostazisine katılımı ve obezite ilişkisi ile ilgili kanıtlar çoğalmaktadır. Ancak obezite ve obestatin arasındaki ilişki tam olarak aydınlatılmamıştır. Obestatinin yapı ve fonksiyonlarını daha iyi bilerek obezitenin engellenmesinde ve obezite tedavisinde yeni yaklaşımlar ileri sürülebilir.

Obestatinin biyolojik özellikleri, yapısı ve dağılımı

2005 yılında ilk önce fare midesinde izole edilen obestatin, grelinin iştah açıcı etkilerinin aksine gıda alımını bastırdığı ve vücut ağırlığı artışını azalttığı için ‘obestatin’ ismi verilmiştir. 23 aminoasit peptidi olan obestatin, preprogrelin öncüsünden elde edilmiştir (J. V. Zhang et al., 2005). Mide obestatin ve grelin üreten en zengin hücre kaynağıdır (De La Cour et al., 2001; J. V. Zhang et al., 2005). Midedeki obestatin üreten hücreler, oksintik mukozanın bazal kısmında dağılmıştır. Aslında, midenin gastrektomi ile cerrahi olarak çıkarılması, dolaşımdaki obestatin ve grelin düzeylerini sıçanlarda % 50-80 oranında azaltmıştır (De La Cour et al., 2001; Furnes et al., 2008). Obestatin ayrıca duodenum, jejunum, kolon, pankreas, dalak, meme bezleri, anne sütü, testisin

leydig hücreleri, tükürük ve plazmada da bulunmaktadır (Aydin et al., 2008; Chanoine, Wong, & Barrios, 2006; Dag et al., 2010; Dun et al., 2006; Ren et al., 2009; J. V. Zhang et al., 2005).

Gastrointestinal sistemde obestatin immünoreaktivitesi, gastrik mukoza hücrelerinde ve myenterik pleksusun liflerinde bulunur (Dun et al., 2006). Pankreasta, fetal ve yetişkin pankreas adacıklarının sitoplazmalarında obestatin proteini tespit edilmiştir. Çift immünohistokimyasal boyama ile obestatinin, adacıkların çevresinde bulunan dağınık hücrelerde grelin ile kollokalize olduğunu göstermiştir. Bu hücreler ghrelin üreten ϵ hücreleridir (Prado, Pugh-Bernard, Elghazi, Sosa-Pineda, & Sussel, 2004).

İnsanlarda açlık plazma obestatin konsantrasyonu 5-268 ng / ml olarak bildirilmiştir. Bu geniş farklılık obestatin testinin güvenilirliğini göstermeyebilir (Li et al., 2011). Emziren annelerde kolostrumdaki (539 pg / ml) ve olgun sütteki (529 pg / ml) obestatin seviyeleri, kan seviyelerinden (270 pg / ml) iki kattan daha fazla bulunmuştur (Aydin et al., 2008). Obestatinin yarı ömrü sadece 2 dakikadır (Mondal, Toshinai, Ueno, Koshinaka, & Nakazato, 2008). Normal kilolu deneklerde, postprandial obestatin seviyeleri, 60 ila 90 dakika arasında belirgin bir düşüş göstermiştir ve bundan sonra bazal seviyelere yükselmiştir. Postprandial obestatin düzeyleri, normal kilolu kadın ve erkek deneklerde vücut kitle indeksi ve bazal insülin seviyeleri ile ters ve anlamlı olarak korele bulunmuştur (Lippl et al., 2008). Obestatinin belleği arttırdığını, glukoz ile indüklenen insülin salgılanmasını inhibe ettiğini, hücre proliferasyonunu etkilediğini, pankreas enzimlerinin salgılanmasını arttırdığını, pankreas β -hücrelerinin hayatta kalmasını teşvik ettiğini ve uykuyu düzenlemek gibi etkilerinin olduğunu gösterilmiştir (Y. Zhang et al., 1994).

Obestatin Reseptörleri

Obestatinin başlangıçta GPR39 ve daha sonra glukagon benzeri peptid-1 (GLP-1) reseptörü ile etkileşime girdiği bildirilmiştir. Obestatinin, yüksek yakınlık ve özgüllük ile insan GPR39'a bağlanma iddiasına dayanarak, artık GPR39 reseptörü için ligand olduğu bildirmiştir (J. V. Zhang et al., 2005). GPR39 ekspresyonu, mide, ince bağırsaklar, hipofiz, hipotalamus ve yağ dokusu dahil olmak üzere çeşitli insan ve sıçan dokularında bulunmuştur (Catalán et al., 2007; McKee et al., 1997; J. V. Zhang et al., 2005).

Obestatin ve Obezite

Artan prevalansı ile obezite küresel bir salgın problem haline gelmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, yetişkinlerin % 20'sinden fazlası, 30 kg / m² veya daha yüksek vücut kitle indeksi ile tanımlandığı gibi klinik olarak obez ve % 30'u da fazla kiloludur (Pi-Sunyer, 2002)

önerilen bir anorektik peptid hormonu olan obestatin, obezite ve obeziteye bağlı hastalıklar ile ilgili çalışmalarda odak noktası haline gelmektedir. Hem grelin hem de obestatinin enerji homeostazında yer alması göz önüne alındığında, obestatinin obezite patogenezindeki olası katılımını değerlendirmek için hem plazma obestatin düzeyi hem de plazma grelin / obestatin oranı kullanılmaktadır (J. V. Zhang, Li, Huang, & Ren, 2013). Greltin, kemirgenlerde besin alımını uyaran iyi karakterize edilmiş bir hormondur (Asakawa, Inui, Kaga, Yuzuriha, Nagata, Ueno, et al., 2001; Nakazato et al., 2001; Tschöp, Smiley, & Heiman, 2000). Grelinin aksine, obestatinin başlangıçta periferik veya intraserebroventriküler enjeksiyondan sonra farelerde ve sıçanlarda anoreksijenik etkileri ortaya çıkardığı bildirilmiştir (Bresciani et al., 2006; Green, Irwin, & Flatt, 2007; McCowen, Maykel, Bistran, & Ling, 2002). Bununla birlikte obestatin, GH sekresyonunu ve leptin serum seviyelerini değiştirmemiştir (J. V. Zhang et al., 2005).

Green ve ark. gıda alımından 4 saat önce intraperitoneal obestatin enjeksiyonundan sonra farelere izin verilen 15 dakikalık bir besleme periyodunda farelerin beslenmesinde % 43 azalma olduğunu bildirmiştir (Green et al., 2007). Brunetti ve ark. obestatinin anorektik etkisini araştırmak için 12 gün boyunca günlük intraperitoneal obestatin enjeksiyonu ile tekrarlamıştır. Yiyecek alımı ve kilo alımındaki azalma sırasıyla 6. ve 8. günde belirginleşir ve 12. güne kadar devam etmiştir (Brunetti et al., 2009). Diğer çalışmada, obestatinin intraserebroventriküler uygulaması, ad libitum beslenen ve sulanan sıçanlarda ve gıda ve sudan yoksun hayvanlarda su içilmesini engellemiştir. Su içme üzerindeki etkiler daha önce ortaya çıkmış ve gıda alımındaki herhangi bir etkiden daha belirgin olduğu bulunmuştur (Samson, White, Price, & Ferguson, 2007). Sibilia ve ark. 16 saat aç sıçanlarda akut intraserebroventriküler obestatinin uygulanmasının, gıda alımının azalmasına yönelik bir eğilime yol açtığını ancak istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmiştir. Obestatinin 1 gün süreyle kronik intraserebroventriküler uygulaması gıda alımını önemli ölçüde azaltmış, ancak bu etki sonraki 2-28 gün boyunca sürmüş ve ortadan kalkmıştır. Çalışmalarına göre, Sibilia ve ark.

obestatinin gıda alımı üzerindeki etkisinin, uzun vadeli etki yerine kısa vadeli olma eğiliminde olduğu sonucuna varmıştır (Sibilia et al., 2006). Zhang ve ark. obestatinin, grelinin zıt etkisine sahip olduğunu, böylece yiyecek alımını ve mide geçiş süresini azalttığını ve vücut ağırlığı kazancını azalttığını bildirmiştir (J. V. Zhang et al., 2005). Bresciani ve ark. Çalışmalarına göre obestatinin tatbik edilmesi, gıda alımında önemli bir azalmaya neden olduğunu bildirmiştir (Bresciani et al., 2006). Farelerde 10-100 nmol / kg dozlarında intraperitoneal obestatinin uygulaması, beslemeyi inhibe ettiğini bildirilmiştir (Lagaud et al., 2007). Ek olarak eksojen obestatin, beslenen farelerde grelinin orexigenic etkisini inhibe ettiğini bildirilmiştir (Zizzari, Longchamps, Epelbaum, & Bluet-Pajot, 2007).

Greltin uygulaması, gıda alımı üzerinde güçlü bir uyarıcı etki yarattığından, gıda alımında obestatin ve ghreltin arasındaki ilişki de incelenmiştir. Zizzari ve ark. 24 saat aç farelerde veya normal diyetle beslenen farelerde, 1, 3, 5 ve 18 saat sonra 1000 nmol / kg obestatinin postintraperitoneal enjeksiyonunda gıda alımında bir fark bulunmadığını, obestatinin normal diyet farelerinde grelinin neden olduğu oreksinijenik etkiyi inhibe ettiğini göstermişlerdir (Zizzari et al., 2007). Hem grelin hem de obestatinin enerji homeostazında yer alması göz önüne alındığında, obestatinin obezite patogeneziindeki olası katılımlarını değerlendirmek için hem plazma obestatin düzeyi hem de plazma grelin / obestatin oranı kullanılmıştır. Obez erişkinlerde plazma obestatin seviyesinin normal kilo kontrolüne göre azaldığını bildirmişlerdir (Fontenot, DeVente, & Seidel, 2007; Guo et al., 2007; Huda et al., 2008; Lippl et al., 2008; Nakahara et al., 2008; Zamrazilová et al., 2008).

Yapılan çalışmalarda, kan obestatin seviyelerinin obez bireylerde anlamlı derecede düşük olduğunu ve vücut kitle indeksi, insülin, glukoz ve insülin direncinin homeostaz modelinin değerlendirilmesi ile negatif korelasyon gösterdiğini ve obestatinin vücut ağırlığı düzenlemesinde önemli bir rol olduğunu göstermiştir (Nakahara et al., 2008; Stadler et al., 2007). Aynı zamanda obestatinin, grelin ile pozitif olarak korele olduğu gösterilmiştir. Bu, hem obestatin hem de grelin düzeylerinin obezite ve insülin direncinde değişebileceğini göstermektedir (Vicennati et al., 2007). Obestatinin gıda alımı ve vücut ağırlığı artışı üzerinde inhibe edici bir etkisi olmadığını gösteren çalışmalarda bulunmaktadır. Guo ve ark. yaptığı çalışmada dolaşımdaki preprandial grelinin obestatine oranla arttığını göstermiştir (Guo et al., 2007). Bir diğer çalışmada obez kadınlarda azalmış ghreltin / obestatin oranına sahip olduğunu göstermiştir (Vicennati et al., 2007). Mevcut

verilere dayanarak, bu farklı bulguları açıklamak zordur. Böylece obestatinin anorektik bir hormon olarak rolü tartışılmaktadır.

SONUÇ

Obestatinin enerji homeostazisine katılımı ve obezite ile ilişkisini açıklayan birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak obestatinin vücuttaki fizyolojik ve patolojik rollerinin daha fazla aydınlatılabilmesi için çok fazla araştırmaya gerek vardır. Mekanizmaların tam anlamıyla aydınlatılması ile obezite ve obezitenin neden olduğu hastalıklar üzerine tedavi ve korunma yöntemleri geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Asakawa, A., Inui, A., Kaga, O., Yuzuriha, H., Nagata, T., Ueno, N., . . . Fujino, M. A. (2001). Ghrelin is an appetite-stimulatory signal from stomach with structural resemblance to motilin. *Gastroenterology*, 120(2), 337-345.
- Asakawa, A., Inui, A., Kaga, T., Yuzuriha, H., Nagata, T., Fujimiya, M., . . . Kasuga, M. (2001). A role of ghrelin in neuroendocrine and behavioral responses to stress in mice. *Neuroendocrinology*, 74(3), 143-147.
- Aydin, S., Ozkan, Y., Erman, F., Gurates, B., Kilic, N., Colak, R., . . . Akin, O. (2008). Presence of obestatin in breast milk: relationship among obestatin, ghrelin, and leptin in lactating women. *Nutrition*, 24(7-8), 689-693.
- Baldanzi, G., Filigheddu, N., Cutrupi, S., Catapano, F., Bonisconi, S., Fubini, A., . . . Broglio, F. (2002). Ghrelin and des-acyl ghrelin inhibit cell death in cardiomyocytes and endothelial cells through ERK1/2 and PI 3-kinase/AKT. *The Journal of cell biology*, 159(6), 1029-1037.
- Bresciani, E., Rapetti, D., Dona, F., Bulgarelli, I., Tamiasso, L., Locatelli, V., & Torsello, A. (2006). Obestatin inhibits feeding but does not modulate GH and corticosterone secretion in the rat. *Journal of endocrinological investigation*, 29(8), RC16-RC18.
- Brunetti, L., Leone, S., Orlando, G., Recinella, L., Ferrante, C., Chiavaroli, A., . . . Vacca, M. (2009). Effects of obestatin on feeding and body weight after standard or cafeteria diet in the rat. *Peptides*, 30(7), 1323-1327.
- Campfield, L., Smith, F., & Burn, P. (1996). The OB protein (leptin) pathway-a link between adipose tissue mass and central neural networks. *Hormone and Metabolic Research*, 28(12), 619-632.
- Carlini, V. P., Monzón, M. a. E., Varas, M. M., Cragnolini, A. B., Schiöth, H. B., Scimonelli, T. N., & de Barioglio, S. R. (2002). Ghrelin increases anxiety-like behavior and memory retention in rats. *Biochemical and biophysical research communications*, 299(5), 739-743.
- Catalán, V., Gómez-Ambrosi, J., Rotellar, F., Silva, C., Gil, M. J., Rodriguez, A., . . . Frühbeck, G. (2007). The obestatin receptor (GPR39) is expressed in human adipose tissue and is down-regulated in obesity-associated type 2 diabetes mellitus. *Clinical*

- endocrinology, 66(4), 598-601. G. (2007).
- Chanoine, J.-P., Wong, A. C., & Barrios, V. (2006). Obestatin, acylated and total ghrelin concentrations in the perinatal rat pancreas. *Hormone Research in Paediatrics*, 66(2), 81-88.
- Dag, E., Aydin, S., Ozkan, Y., Erman, F., Dagli, A. F., & Gurger, M. (2010). Alteration in chromogranin A, obestatin and total ghrelin levels of saliva and serum in epilepsy cases. *Peptides*, 31(5), 932-937.
- De La Cour, C. D., Björkqvist, M., Sandvik, A., Bakke, I., Zhao, C.-M., Chen, D., & Håkanson, R. (2001). A-like cells in the rat stomach contain ghrelin and do not operate under gastrin control. *Regulatory peptides*, 99(2-3), 141-150.
- Dun, S. L., Brailoiu, G. C., Brailoiu, E., Yang, J., Chang, J. K., & Dun, N. J. (2006). Distribution and biological activity of obestatin in the rat. *Journal of Endocrinology*, 191(2), 481-489.
- Fontenot, E., DeVente, J., & Seidel, E. (2007). Obestatin and ghrelin in obese and in pregnant women. *Peptides*, 28(10), 1937-1944.
- Furnes, M., Stenström, B., Tømmerås, K., Skoglund, T., Dickson, S., Kulseng, B., . . . Chen, D. (2008). Feeding behavior in rats subjected to gastrectomy or gastric bypass surgery. *European Surgical Research*, 40(3), 279-288.
- Green, B., Irwin, N., & Flatt, P. (2007). Direct and indirect effects of obestatin peptides on food intake and the regulation of glucose homeostasis and insulin secretion in mice. *Peptides*, 28(5), 981-987.
- Guo, Z.-F., Zheng, X., Qin, Y.-W., Hu, J.-Q., Chen, S.-P., & Zhang, Z. (2007). Circulating preprandial ghrelin to obestatin ratio is increased in human obesity. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 92(5), 1875-1880.
- Huda, M., Durham, B., Wong, S., Deepak, D., Kerrigan, D., McCulloch, P., . . . Wilding, J. (2008). Plasma obestatin levels are lower in obese and post-gastrectomy subjects, but do not change in response to a meal. *International journal of obesity*, 32(1), 129.
- Kojima, M., Hosoda, H., Date, Y., Nakazato, M., Matsuo, H., & Kangawa, K. (1999). Ghrelin is a growth-hormone-releasing acylated peptide from stomach. *Nature*, 402(6762), 656.
- Lagaud, G. J., Young, A., Acena, A., Morton, M. F., Barrett, T. D., & Shankley, N. P. (2007). Obestatin reduces food intake and suppresses body weight gain in rodents. *Biochemical and biophysical research communications*, 357(1), 264-269.
- Li, J.-B., Asakawa, A., Cheng, K., Li, Y., Chaolu, H., Tsai, M., & Inui, A. (2011). Biological effects of obestatin. *Endocrine*, 39(3), 205-211.

- Lippl, F., Erdmann, J., Lichter, N., Tholl, S., Wagenpfeil, S., Adam, O., & Schusdziarra, V. (2008). Relation of plasma obestatin levels to BMI, gender, age and insulin. *Hormone and Metabolic Research*, 40(11), 806-812.
- McCowen, K., Maykel, J., Bistran, B., & Ling, P. (2002). Circulating ghrelin concentrations are lowered by intravenous glucose or hyperinsulinemic euglycemic conditions in rodents. *Journal of Endocrinology*, 175(2), R7-11.
- McKee, K. K., Tan, C. P., Palyha, O. C., Liu, J., Feighner, S. D., Hreniuk, D. L., . . . Van der Ploeg, L. H. (1997). Cloning and characterization of two human G protein-coupled receptor genes (GPR38 and GPR39) related to the growth hormone secretagogue and neurotensin receptors. *Genomics*, 46(3), 426-434.
- Mondal, M. S., Toshinai, K., Ueno, H., Koshinaka, K., & Nakazato, M. (2008). Characterization of obestatin in rat and human stomach and plasma, and its lack of acute effect on feeding behavior in rodents. *Journal of Endocrinology*, 198(2), 339-346.
- Nakahara, T., Harada, T., Yasuhara, D., Shimada, N., Amitani, H., Sakoguchi, T., . . . Inui, A. (2008). Plasma obestatin concentrations are negatively correlated with body mass index, insulin resistance index, and plasma leptin concentrations in obesity and anorexia nervosa. *Biological psychiatry*, 64(3), 252-255.
- Nakazato, M., Murakami, N., Date, Y., Kojima, M., Matsuo, H., Kangawa, K., & Matsukura, S. (2001). A role for ghrelin in the central regulation of feeding. *Nature*, 409(6817), 194.
- Pi-Sunyer, F. X *Obesity research*, 10(S12), 97S-104S.
- Prado, C. L., Pugh-Bernard, A. E., Elghazi, L., Sosa-Pineda, B., & Sussel, L. (2004). Ghrelin cells replace insulin-producing β cells in two mouse models of pancreas development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(9), 2924-2929.
- Ren, A.-J., Guo, Z.-F., Wang, Y.-K., Lin, L., Zheng, X., & Yuan, W.-J. (2009). Obestatin, obesity and diabetes. *Peptides*, 30(2), 439-444.
- Samson, W. K., White, M. M., Price, C., & Ferguson, A. V. (2007). Obestatin acts in brain to inhibit thirst. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*.
- Sibilia, V., Bresciani, E., Lattuada, N., Rapetti, D., Locatelli, V., De Luca, V., . . . Guidobono, F. (2006). Intracerebroventricular acute and chronic administration of obestatin minimally affect food intake but not weight gain in the rat. *Journal of endocrinological investigation*, 29(11), RC31-RC34.
- Soares, J.-B., & Leite-Moreira, A. F. (2008). Ghrelin, des-acyl ghrelin and obestatin: three pieces of the same puzzle. *Peptides*, 29(7), 1255-1270.

- Stadler, M., Krebs, M., Promintzer, M., Mandl, M., Bischof, M. G., Nowotny, P., . . . Anderwald, C. (2007). Plasma obestatin is lower at fasting and not suppressed by insulin in insulin-resistant humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*.
- Tschöp, M., Smiley, D. L., & Heiman, M. L. (2000). Ghrelin induces adiposity in rodents. *Nature*, 407(6806), 908.
- Vicennati, V., Genghini, S., De Iasio, R., Pasqui, F., Pagotto, U., & Pasquali, R. (2007). Circulating obestatin levels and the ghrelin/obestatin ratio in obese women. *European Journal of Endocrinology*, 157(3), 295-301.
- Zamrazilová, H., Hainer, V., Sedláčková, D., Papežová, H., Kunešová, M., Bellisle, F., . . . Nedvídková, J. (2008). Plasma obestatin levels in normal weight, obese and anorectic women. *Physiological research*, 57.
- Zhang, J. V., Li, L., Huang, Q., & Ren, P.-G. (2013). Obestatin receptor in energy homeostasis and obesity pathogenesis. In *Progress in molecular biology and translational science* (Vol. 114, pp. 89-107): Elsevier.
- Zhang, J. V., Ren, P.-G., Avsian-Kretchmer, O., Luo, C.-W., Rauch, R., Klein, C., & Hsueh, A. J. (2005). Obestatin, a peptide encoded by the ghrelin gene, opposes ghrelin's effects on food intake. *Science*, 310(5750), 996-999.
- Zhang, Y., Proenca, R., Maffei, M., Barone, M., Leopold, L., & Friedman, J. M. (1994). Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. *Nature*, 372(6505), 425.
- Zizzari, P., Longchamps, R., Epelbaum, J., & Bluet-Pajot, M. T. r. s. (2007). Obestatin partially affects ghrelin stimulation of food intake and growth hormone secretion in rodents. *Endocrinology*, 148(4), 1648-1653.

HEDONİK AÇLIK, OBEZİTE VE GRELİN ARASINDAKİ İLİŞKİ

Şükrü AKMEŞE 1* ve Sedat COŞKUNSU 2

1 Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu
Hemşirelik Bölümü, Artıklu/Mardin

2 Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu
Beslenme ve Diyetetik Bölümü
Artıklu/Mardin

ÖZET

Küresel obezitenin artan prevalansının gösterdiği gibi, insan gıda tüketiminin artan bir oranının yalnızca kaloriye olan ihtiyaçtan değil, zevkten kaynaklandığı görülmektedir. Homeostatik açlık, biyolojik olarak enerji ihtiyacı sonucu oluşan açlık durumu olarak tanımlanır. Hedonik açlık ise lezzetli besinlerin enerji ihtiyacı olmaksızın haz amacıyla besin tüketim durumudur. Obezite salgını gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede önemli bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir. Obezite diyabet, hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar, hiperlipidemi, osteoartrit ve birkaç kanser riskini arttırmaktadır. Obezitenin etkin kontrolü, bu hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde büyük öneme sahip olacaktır. Grelin, ilk 1999 yılında açıklanan 28 amino asitlik bir peptid hormonudur. İlk keşfedildiğinde gastrik nöroendokrin hücreler tarafından sentezlendiği biliniyordu, ilerleyen zamanlarda bağırsaklar, böbrek, tiroid, akciğer, lenfatik doku, plasenta, hipotalamus ve hipofiz gibi çeşitli organlarda da tanımlandı. Grelinin salınımı hem insanlarda hem de kemirgenlerde gıda alımını, vücut ağırlığını ve iştahı artırır. Grelin nöropeptid Y ve Agouti ile ilişkili protein salgılayan nöronları aktive eder, bundan dolayı yiyecek alımının artmasına ve kilo alımının artmasına neden olur. Özellikle, klinik araştırmalar sağlıklı doymuş bireylerde zevk almak için yiyecek tüketimini takiben grelin düzeyinin önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Grelin, lezzetli yiyeceklerin ödüllendirici değerini artırır ve bu hormonun salınımı, bu yiyeceklerin tüketimi ile zayıflamazsa, grelin, lezzetli yiyeceklerin fazla tüketilmesini teşvik etmek için beyin ödül sistemleri ile birlikte hareket edebilir. Temel olarak, grelin insanların ihtiyaç duyduklarından daha fazla yemek yemelerine neden olur, aşırı kalorileri yağ olarak depolar ve diyetle bağlı kilo kaybını sürdürmeyi çok zorlaştırır.

Anahtar kelimeler: Hedonik Açlık, Obezite, Grelin

ABSTRACT

As the increasing prevalence of global obesity indicates, an increasing proportion of human food consumption appears to be caused not only by the need for calories, but by pleasure. As the increasing prevalence of global obesity indicates, It is seen that an increasing proportion of human food consumption arises from pleasure rather than just calorie need. Homeostatic starvation is defined as the state of hunger due to biological energy needs. Hedonic fasting is the nutrient consumption situation for the purpose of food without energy need of delicious foods. The obesity epidemic has become an important public health problem in many developed and developing countries. Obesity increases the risk of diabetes, hypertension, cardiovascular diseases, hyperlipidemia, osteoarthritis and several cancers. Effective control of obesity will be of great importance in the prevention and treatment of these diseases. Ghrelin is a 28 amino acid peptide hormone first described in 1999. When first discovered, it was known that it was synthesized by gastric neuroendocrine cells, later it was defined in various organs such as intestines, kidney, thyroid, lung, lymphatic tissue, placenta, hypothalamus and pituitary gland. The release of ghreline increases food intake, body weight and appetite in both humans and rodents. Ghrelin activates neuropeptide Y and Agouti-associated protein-secreting neurons, resulting in increased food intake and increased weight. In particular, clinical trials have shown that ghrelin levels are significantly increased following food consumption to enjoy healthy not hungry individuals. If the release of ghrelin hormone is not attenuated by the consumption of these foods, ghrelin can act together with brain reward systems to promote the over-consumption of delicious food and enhances the rewarding value of delicious food. Basically, ghrelin causes people to eat more than they need, stores excess calories as fat, and makes it very difficult to maintain diet-related weight loss.

Keywords: Hedonic Hunger, Obesity, Ghrelin

GİRİŞ

Genel olarak gıda alımı, iki tamamlayıcı dürtü tarafından düzenlenir: homeostatik ve hedonik yollar. Homeostatik açlık enerji depolarının tükenmesinden sonra yemek yeme motivasyonunu artırır ve böylece enerji dengesini kontrol eder (Lutter & Nestler, 2009). Hedonik açlık ise yalnızca mezolimbik dopamin sisteminin aracılığıyla sağlanan lezzet ödülleri nedeniyle yiyecek tüketme arzusudur (Nigro et al., 2015). Bu yolla, obezitede aşırı tüketim, ya yemek yeme motivasyonunu engelleyemeyen homeostatik sinyaldeki bazı kusurlardan ya da yiyeceğin hedonik yönlerine aşırı ya da uygunsuz tepkiden kaynaklanıyor olabilir. Bununla birlikte, ödül yemek veya hedonik açlığın dünya çapında şişmanlığın hızlı gelişiminde önemli bir faktör olduğu varsayılmaktadır (J. F. Davis, Choi, & Benoit, 2010). Bazı iştah düzenleyici hormonlar hem homeostatik hem de hedonik beslenmenin kontrolünü etkiler (Figlewicz & Sipols, 2010). Grelin hem homeostatik hem de hedonik açlığın modülasyonunda rol oynayan endojen faktörlerden biridir.

Grelin açlık hormonu olarak bilinir ve uyku, biliş, ruh hali ve ödül gibi birçok merkezi sinir sistemi fonksiyonunun düzenlenmesinde önemli bir oyuncu olduğu gösterilmiştir (Andrews, 2011; Chuang & Zigman, 2010; Jerlhag et al., 2009; Kluge et al., 2008). Grelin stabil bir mekanizma içinde kan beyin bariyeri boyunca aktif olarak taşınır ve pasif olarak hipotalamusta fenestre kılcal damarları yoluyla dağılabilir (Banks, 2008; Schaeffer et al., 2013). Özellikle bağımlılık yaratan bozukluklar için grelin katılımı sürekli gösterilmiştir ve grelinin duygu-durum anksiyete bozuklukları, nörodejenerativizan hastalıklar ve yeme bozuklukları üzerindeki rolü gittikçe açıklığa kavuşturulmaktadır (Wittekind & Kluge, 2015).

Obezite, enerji dengesinin kronik olarak bozulmasından kaynaklanan enerji alımı sürekli olarak enerji harcamasını aşan ve ardından vücutta yağ birikimi ile karakterize bir durumdur (Hill, 2006). Bugün, obez bireylerin artması dünyadaki halk sağlığı konusunda en ciddi problemdir, çünkü obezite tip 2 diyabet mellitus, hiperlipidemi ve hipertansiyona neden olur ve nihayetinde arteriyoskleroza indükler. Bu nedenle enerji dengesi ve iştah düzenlenmesi gibi enerji homeostazi mekanizmalarının aydınlatılması gerekmektedir. Bu mekanizmaların aydınlatılması ile obezite tedavisi ve anti-obezite ilaç geliştirilmesine katkı sağlayabilir (Sato et al., 2014).

Grelinin Yapısı

Grelin, ilk 1999 yılında açıklanan 28 aminoasitlik bir peptid hormonudur (Masayasu Kojima et al., 1999). İlk keşfedildiğinde gastrik nöroendokrin hücreler tarafından sentezlendiği biliniyordu, ilerleyen zamanlarda bağırsaklar, böbrek, tiroid, akciğer, lenfatik doku, plasenta, hipotalamus ve hipofiz gibi çeşitli organlarda da tanımlandı (Gnanapavan et al., 2002). Grelin molekülü, insan genomunda kromozom 3 üzerindeki kompleks bir genden transkripsiyonu olan 117 amino asit peptidi bulunduran preproghrelinden işlenir (Kanamoto et al., 2004).

Şimdiye kadar grelin için tanımlanan tek reseptör, GHS-R'dir ve hipotalamusta eksprese edilen bir G proteinine bağlı reseptördür. Parasempatik preganglionik nöronlar ve vagusun dorsal motor çekirdeği, soliter sistemin çekirdeği ve postrema alan dahil dorsal vagal kompleksin üç bileşeninin hepsinde ayrıca mide, bağırsak, böbrek, pankreas, yağ dokusu, kalp ve akciğer dahil olmak üzere çok sayıda diğer dokularda eksprese edilir (Masayasu Kojima et al., 1999; M Kojima, Hosoda, Nakazato, & Matsuo, 2005; Zigman, Jones, Lee, Saper, & Elmquist, 2006). Grelinin bağlandığı ve büyüme hormonu salınımı üzerindeki etkilerini uyguladığı reseptör olan GHS-R tip 1a iki ek varyantı vardır ve kesilmiş bir form olan ve farmakolojik olarak inaktif olan GHS-R tip 1b vardır (M Kojima et al., 2005).

Grelinin Bilişsel Beslenme ve Periferik Kontrolü

Grelinin salınımı hem insanlarda hem de kemirgenlerde gıda alımını, vücut ağırlığını ve iştahı artırır (Nakazato et al., 2001; Tschöp, Smiley, & Heiman, 2000; Wren et al., 2001). Grelin salındığında besleme davranışını uyarmak için periferik ve merkezi sinir sistemi lokasyonlarında grelin reseptörünü (GHSR-1a) hedefler (Müller et al., 2015). Grelin yiyecek arama davranışını ve lezzetli yiyecek alımını uyarmak için ventral tegmental alanı (VTA) hedefler (Dickson et al., 2011; Skibicka, Shirazi, Hansson, & Dickson, 2012). Grelin salındığında GHSR-1a' yı maksimum aktif hale gelmesi için serin kalıntısında açılasyon gerektirir (Kirchner et al., 2009). Periferik grelin sinyalinin hem homeostatik yeniden besleme hem de hedonik besleme davranışlarına katıldığı bildirilmektedir (J. Davis, 2018). Fonksiyonel görüntüleme çalışmaları, ghrelinin doymuş hastalarda ekzojen uygulamasının iştah için subjektif derecelerde artışa yol açtığını ve mPFC,

AMG ve striatumun aktivasyonunu arttırdığını göstermektedir (Malik, McGlone, Bedrossian, & Dagher, 2008).

Grelın, sıçanlarda X / A benzeri oksinik hücrelerden ve insanlarda P / D1 hücrelerinde üretilir (Müller et al., 2015). Bu hücreler, gastrointestinal kanalda bulunan ikinci en bol miktarda endokrin hücre tipini temsil eder. X / A benzeri hücreler, fundusun mide gövdesinde, ince bağırsaklara göre en fazla miktarda bulunur (Laermans, Vancleef, Tack, & Depoortere, 2015). X / A benzeri hücreler, gastrik X / A benzeri hücrelerin aksine, lümen ile doğrudan temas halinde oldukları kalın bağırsakta da bulunur (Sakata et al., 2002). X / A benzeri hücrelerin fonksiyonel önemi, gastrektomiye takiben azalmış grelin salgılanması ile gösterilmiştir (Jeon et al., 2004). Açlık, X / A benzeri hücrelerde ghrelinin mRNA ekspresyonunun artmasına ve azalmış grelin peptid içeriğine yol açar (Toshinai et al., 2001). Açlık sırasındaki bu durum X / A benzeri hücrelerin daha fazla grelin ürettiğini ve daha sonra dolaşımına saldığını göstermektedir. Buna karşılık dolaşımdaki grelin seviyeleri, aşırı vücut ağırlığı ve şişmanlık koşullarında azalır (Tschöp et al., 2000).

Gastrointestinal peptidleri dahil olmak üzere birçok metabolik faktör, X / A benzeri hücrelerden grelin salgılanmasını kontrol eder (J. Davis, 2018). Somatostatin veya büyüme hormonu inhibe edici hormon (GHIH), hem X / A benzeri hem de P / D1 hücrelerinde bir somatostatin-2 reseptörü aracılığıyla mekanizma yoluyla grelin salgılanmasını inhibe eder (Iwakura et al., 2011; Shimada et al., 2003). X / A'daki grelin salgılanması, hem sıçanlarda hem de insanlarda glukagon benzeri peptid-1 (GLP-1) tarafından da inhibe edilir (Hagemann et al., 2007; Pérez-Tilve et al., 2007). Hem insülinin hem de CCK-8'in grelin sekresyonunda inhibe edici etkileri bildirilmiştir (Brennan et al., 2007; Iwakura et al., 2011; Saad et al., 2002). Aynı zamanda Oksitosin, dopamin, noradrenalin, adrenalin ve glukagonun grelin sekresyonunu arttırdığı da bildirilmiştir (J. Davis, 2018).

Grelın ve hedonik açlık

Tüm canlılar enerji homeostazını korumak ve açlıktan kaçınmak için yiyecek aramak temel bir amaçtır. Modern zamanlarda, iyi beslenmiş popülasyonlar arasında, çoğu gıda tüketimi akut enerji yoksunluğu dışındaki nedenlerle ortaya çıkar Küresel obezitenin artan prevalansının gösterdiği gibi, insan gıda tüketiminin artan bir oranının yalnızca kaloriye olan ihtiyaçtan değil, zevkten kaynaklandığı görülmektedir (Brownell & Horgen, 2004). Nükleus akübenste yer alan dopamin

salınımını uyaran lezzetli yiyecekler, bu sayede iştah açıcı etkileri bulunmaktadır. Homeostatik açlık, Biyolojik olarak enerji ihtiyacı sonucu oluşan açlık durumu olarak tanımlanır. Hedonik açlık ise lezzetli besinlerin enerji ihtiyacı olmaksızın haz amacıyla besin tüketim durumudur (KÖSE & ŞANLIER, 2015).

Grelın nöropeptid Y ve Agouti ile ilişkili protein salgılayan nöronları aktive eder, bu da yiyecek alımının artmasına ve kilo alımının artmasına neden olur (Sam, Troke, Tan, & Bewick, 2012). Düşük grelin konsantrasyonlarına rağmen obezitesi olan bazı bireylerde hiperfatik eğilimleri açıklamak için, araştırmacılar, grelinin mezolimbik ödöl sisteminin bileşenlerini değiştirip değiştiremediğini araştırmaya başlamıştır (Murray, Tulloch, Gold, & Avena, 2014). Ghrelin reseptörleri, ventral tegmental alandaki (VTA) GABAerjik ve dopaminerjik nöronlarda ve temel olarak nigrada eksprese edilir (Abizaid et al., 2006). Hayvan modellerinde, grelin mRNA'nın ekspresyonu ve serumdaki grelin konsantrasyonları, sukroz ve yüksek yağ içeren diyetler alımı ile azalır, ancak hayvanlar fazla yemeyi kontrol edemez (Lindqvist, de la Cour, Stegmark, Håkanson, & Erlanson-Albertsson, 2005). Farelerde yüksek yağlı diyetlerin ödöl değerini arttırdığı iddiasında bulunmuştur (Perello et al., 2010). Grelın, VTA'daki ödöl mekanizmaları üzerindeki etkisini gösteriyor gibi görünüyor (Skibicka, Hansson, Alvarez-Crespo, Friberg, & Dickson, 2011). Grelinin VTA içi uygulaması lezzetli yiyecek alımının artmasıyla ilişkilidir (Egecioglu et al., 2010).

Spesifik olarak grelinin gıda alımını teşvik ettiği düşünülmektedir; VTA'da asetilkolin seviyelerini arttırarak, NAc'de dopamin seviyelerini arttırarak, NAc'de dopaminerjik projeksiyonların aktivasyonunu ve NAc'de dopamin D1 benzeri ve D2 reseptörlerini aktivasyonuyla bu etkiyi gösterir (Jerlhag, Janson, Waters, & Engel, 2012; Skibicka et al., 2013). Ek olarak, sukroz motivasyonu D1 benzeri ve D2 reseptörü antagonistlerinin NAc kabuğuna verilmesi veya grelin-reseptör antagonistlerinin yönetimi ile endojen ve VTA'ya uygulanan grelin etkilerinden sonra azalmıştır. Dopamin ve asetilkolinin salınması üzerindeki etkisine ek olarak grelin, VTA ve NAc'deki çok çeşitli dopamin (D1, D3 ve D5) ve asetilkolin (nAChR2 ve nAChR3) reseptörlerinin ekspresyonunu da değiştirir (Skibicka, Hansson, Egecioglu, & Dickson, 2012; Skibicka et al., 2013). Ghrelinin ödölle ilgili eylemleri, dopamin ve asetilkolin ile sınırlı değildir. Grelinin ventriküler ve intra-VTA uygulaması, VTA'da artmış κ -opioid-reseptör ekspresyonu ile

ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, şeker ile motive olmuş davranış ve artan yemek alımını uyarmıştır (Skibicka, Shirazi, et al., 2012).

Özellikle, klinik araştırmalar sağlıklı doymuş bireylerde zevk almak için yiyecek tüketimini takiben grelin düzeyinin önemli ölçüde arttığını göstermiştir (Monteleone et al., 2012; Monteleone et al., 2013). Greltin, lezzetli yiyeceklerin ödüllendirici değerini artırır ve bu hormonun salınımı, bu yiyeceklerin tüketimi ile azalmazsa, grelin, lezzetli yiyeceklerin fazla tüketilmesini teşvik etmek için beyin ödül sistemleri ile birlikte hareket edebilir (Perello et al., 2010). Bununla birlikte, bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır, çünkü bir laboratuvar hayvan modelinin kullanıldığı önceki deneyler, lezzetli yiyecek diyetleriyle azalmış grelin seviyelerini göstermektedir (Lindqvist et al., 2005).

Genel olarak grelin, asetilkolin salgılamak için VTA'daki nöronlara etki ederek yemeğin ödüllendirici değerini artırıyor gibi görünmektedir. Ayrıca, VTA'dan NAc'ye dopaminerjik yansıtmanın aktivasyonunu artırır ve NAc'de dopamin konsantrasyonlarını ve dopamin reseptörlerinin aktivasyonunu artırır. Kanıtlar, grelinin gıda ödülüne katılan opioid reseptörlerini etkilediğini göstermektedir. Hayvan ve insan bulguları arasındaki uyumsuzlukları gidermek için klinik çalışmalara ihtiyaç duyulurken, grelinin yiyecek ödüllendirme sistemlerinde açıkça önemli bir rolü vardır (Murray et al., 2014)(40).

Greltin ve Obezite

Geçtiğimiz birkaç on yılda, fazla kilolu veya obez olan kişilerin sayısında çarpıcı bir artış oldu. Obezite salgını birçok ülkede önemli bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, yetişkinlerin %20'sinden fazlası, 30 kg / m² veya daha yüksek vücut kitle indeksi ile tanımlandığı gibi klinik olarak obez ve %30'u da fazla kiloludur. Obezite diyabet, hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar, hiperlipidemi, osteoartrit ve birkaç kanser riskini arttırmaktadır. Obezitenin etkin kontrolü, bu hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde büyük öneme sahip olacaktır (Li et al., 2011).

Dolaşımdaki grelin seviyeleri, vücut yağ yüzdesi ve vücut kitle indeksi ile negatif korelasyon gösterir ve bu nedenle grelin seviyesi obez bireylerde normal vücut ağırlıklı kontrollere göre daha düşüktür. Obezitede, plazma grelin seviyelerindeki postprandiyal azalmalar, normal ağırlıktaki

deneklerden daha küçüktür. Bununla birlikte, başlangıçtaki açlık grelin seviyeleri de daha düşüktür (Tschöp et al., 2001).

Grelinin, iki yolla aşırı gıda alımına bağlı olduğu düşünülmektedir. İlk olarak, grelin seviyelerinde daha az postprandiyal azalma, kişinin aç hissettiği süreyi doğrudan arttırabilir. İkinci olarak, yüksek grelin seviyelerinin bir sonucu olarak gastrik boşalma hızı azaltılamaz ve sonuçta ortaya çıkan doyumluk hissi ortaya çıkmaz. Bu tokluk duyguları olmadan, obez bireyler ihtiyaç duyduklarından daha fazla yer ve böylece kilo alırlar (Higgins, Gueorguiev, & Korbonits, 2007). Buna ek olarak, grelin seviyeleri obezitede düşük olsa da kilo kaybıyla artarlar. Bu, diyet sonrası kilo kaybını sürdürmenin neden zor olduğunu açıklayabilir (Cummings et al., 2002). Ayrıca, grelin vücudun metabolik substrat seçimini düzenler (Tschöp et al., 2000; Wortley et al., 2004).

Obezitede, düşük grelin seviyelerinin, metabolik bir yakıt olarak yağ kullanımında bir artışa yol açabileceği düşünülmektedir (Wortley et al., 2004). Bununla birlikte, kilo kayboldukça yüksek grelin seviyeleri metabolik bir yakıt olarak yağ kullanımını azaltır, böylece daha fazla yağ korunur ve depolanır (Tschöp et al., 2000). Grelinin kilo kaybının korunmasına şiddetle karşı çıktığı görülebilir.

Grelinin, açlık ve öğün başlangıcı üzerindeki kısa vadeli etkileri ve uzun süreli enerji dengesi kontrolüyle obezite ile ilişkilidir. Temel olarak, grelin, insanların ihtiyaç duyduklarından daha fazla yemek yemelerine neden olur, aşırı kalorileri yağ olarak depolar ve diyetle ilgili kilo kaybını sürdürmeyi çok zorlaştırır (Higgins et al., 2007). Diyet kaynaklı obez fareler üzerinde yapılan çalışmada greline bağlanarak onun etkilerine nötralize eden bir oligonükleotit (Spiegelmer) verilip araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, obez fareler kontrol grubuna kıyasla yağ ve kilo kaybının arttığı aynı zamanda gıda alımını ve yağ depolamayı azalttığı bildirilmiştir (Shearman et al., 2006). Bir başka çalışmada, GHS reseptörünün antagonizminin hem zayıf hem de obez farelerde beslenmeyi azalttığını ve ayrıca bu antagonistin periferik uygulamasının, beslenmede gözlenen azalmaya katkıda bulunabilecek olan mide boşalma oranını azalttığını göstermiştir (Asakawa et al., 2003). Ghrelinin kinetik etkileri klinik olarak obez bireylerde gastrik boşalmanın kontrollere kıyasla daha hızlı olduğunu gösteren çalışmalardan gelmektedir. Bunun nedeni, obezitede grelin konsantrasyonlarının postprandiyal durumda normal deneklerde olduğu gibi azalmamasıdır. Bu, obezite ile oluşan artan gıda alımına katkıda bulunabilir. Bu nedenle, gastrik boşalmayı

yavaşlatmak için bir grelin antagonistinin kullanılması mümkündür, böylece bireyler daha çabuk tatmin olurlar ve böylece daha az yerler. Bununla birlikte, gastrik boşalmayı azaltan diğer ilaçlar, obezite tedavisinde kullanılmaz. (Álvarez-Castro, Pena, & Cordido, 2013).

SONUÇ

Günümüz toplumunda insan nüfusu içinde obez prevalansı artmaya devam etmektedir. Değişen bir yaşam tarzı, diyetteki değişiklikler ve yüksek strese maruz kalma, günümüz toplumunda obezite salgınının gelişimine temel olarak katkıda bulunmaktadır. Öncelikle, grelin kaynaklı beslenme davranışının merkezi düzenlemesi nedeniyle, grelin sistemine müdahale, obezite ile mücadelede etkili bir araç olarak kabul edilmiştir ve halen kabul edilmektedir. Greltin, lezzetli yiyeceklerin ödüllendirici değerini artırır ve bu hormonun salınımı, bu yiyeceklerin tüketimi ile zayıflamazsa, grelin, lezzetli yiyeceklerin fazla tüketilmesini teşvik etmek için beyin ödül sistemleri ile birlikte hareket edebilir. Bu da hedonik açlığın oluşmasını sağlar.

KAYNAKLAR

- Abizaid, A., Liu, Z.-W., Andrews, Z. B., Shanabrough, M., Borok, E., Elsworth, J. D., . . . Tschöp, M. H. (2006). Ghrelin modulates the activity and synaptic input organization of midbrain dopamine neurons while promoting appetite. *The Journal of clinical investigation*, 116(12), 3229-3239.
- Álvarez-Castro, P., Pena, L., & Cordido, F. (2013). Ghrelin in obesity, physiological and pharmacological considerations. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 13(4), 541-552.
- Andrews, Z. B. (2011). The extra-hypothalamic actions of ghrelin on neuronal function. *Trends in neurosciences*, 34(1), 31-40.
- Asakawa, A., Inui, A., Kaga, T., Katsuura, G., Fujimiya, M., Fujino, M., & Kasuga, M. (2003). Antagonism of ghrelin receptor reduces food intake and body weight gain in mice. *Gut*, 52(7), 947-952.

- Banks, W. A. (2008). The blood-brain barrier: connecting the gut and the brain. *Regulatory peptides*, 149(1-3), 11-14.
- Brennan, I. M., Otto, B., Feltrin, K. L., Meyer, J. H., Horowitz, M., & Feinle-Bisset, C. (2007). Intravenous CCK-8, but not GLP-1, suppresses ghrelin and stimulates PYY release in healthy men. *Peptides*, 28(3), 607-611.
- Brownell, K. D., & Horgen, K. B. (2004). *Food fight: The inside story of the food industry, America's obesity crisis, and what we can do about it*: Contemporary books Chicago, IL.
- Chuang, J.-C., & Zigman, J. M. (2010). Ghrelin's roles in stress, mood, and anxiety regulation. *International journal of peptides*, 2010.
- Cummings, D. E., Weigle, D. S., Frayo, R. S., Breen, P. A., Ma, M. K., Dellinger, E. P., & Purnell, J. Q. (2002). Plasma ghrelin levels after diet-induced weight loss or gastric bypass surgery. *New England Journal of Medicine*, 346(21), 1623-1630.
- Davis, J. (2018). Hunger, ghrelin and the gut. *Brain research*, 1693, 154-158.
- Davis, J. F., Choi, D. L., & Benoit, S. C. (2010). Insulin, leptin and reward. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 21(2), 68-74.
- Dickson, S. L., Egecioglu, E., Landgren, S., Skibicka, K. P., Engel, J. A., & Jerlhag, E. (2011). The role of the central ghrelin system in reward from food and chemical drugs. *Molecular and cellular endocrinology*, 340(1), 80-87.
- Egecioglu, E., Jerlhag, E., Salomé, N., Skibicka, K. P., Haage, D., Bohlooly-Y, M., . . . Engel, J. A. (2010). PRECLINICAL STUDY: FULL ARTICLE: Ghrelin increases intake of rewarding food in rodents. *Addiction biology*, 15(3), 304-311.
- Figlewicz, D. P., & Sipols, A. J. (2010). Energy regulatory signals and food reward. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 97(1), 15-24.
- Gnanapavan, S., Kola, B., Bustin, S. A., Morris, D. G., McGee, P., Fairclough, P., . . . Korbonits, M. r. (2002). The tissue distribution of the mRNA of ghrelin and subtypes of its receptor, GHS-R, in humans. *The journal of clinical endocrinology & metabolism*, 87(6), 2988-2991.
- Hagemann, D., Holst, J. J., Gethmann, A., Banasch, M., Schmidt, W. E., & Meier, J. J. (2007). Glucagon-like peptide 1 (GLP-1) suppresses ghrelin levels in humans via increased insulin secretion. *Regulatory peptides*, 143(1-3), 64-68.
- Higgins, S. C., Gueorguiev, M., & Korbonits, M. (2007). Ghrelin, the peripheral hunger hormone. *Annals of medicine*, 39(2), 116-136.
- Hill, J. O. (2006). Understanding and addressing the epidemic of obesity: an energy balance perspective. *Endocrine reviews*, 27(7), 750-761.
- Iwakura, H., Ariyasu, H., Hosoda, H., Yamada, G., Hosoda, K., Nakao, K., . . . Akamizu, T. (2011). Oxytocin and dopamine stimulate ghrelin secretion by the ghrelin-producing cell line, MGN3-1 in vitro. *Endocrinology*, 152(7), 2619-2625.
- Jeon, T. Y., Lee, S., Kim, H. H., Kim, Y. J., Son, H. C., Kim, D. H., & Sim, M. S. (2004). Changes in plasma ghrelin concentration immediately after gastrectomy in patients with early gastric cancer. *The journal of clinical endocrinology & metabolism*, 89(11), 5392-5396.
- Jerlhag, E., Egecioglu, E., Landgren, S., Salomé, N., Heilig, M., Moechars, D., . . . Engel, J. A. (2009). Requirement of central ghrelin signaling for alcohol reward. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(27), 11318-11323.

- Jerlhag, E., Janson, A. C., Waters, S., & Engel, J. A. (2012). Concomitant release of ventral tegmental acetylcholine and accumbal dopamine by ghrelin in rats. *PloS one*, 7(11), e49557.
- Kanamoto, N., Akamizu, T., Tagami, T., Hataya, Y., Moriyama, K., Takaya, K., . . . Nakao, K. (2004). Genomic structure and characterization of the 5'-flanking region of the human ghrelin gene. *Endocrinology*, 145(9), 4144-4153.
- Kirchner, H., Gutierrez, J. A., Solenberg, P. J., Pfluger, P. T., Czyzyk, T. A., Willency, J. A., . . . Hale, J. E. (2009). GOAT links dietary lipids with the endocrine control of energy balance. *Nature medicine*, 15(7), 741.
- Kluge, M., Schüssler, P., Bleninger, P., Kleyer, S., Uhr, M., Weikel, J. C., . . . Steiger, A. (2008). Ghrelin alone or co-administered with GHRH or CRH increases non-REM sleep and decreases REM sleep in young males. *Psychoneuroendocrinology*, 33(4), 497-506.
- Kojima, M., Hosoda, H., Date, Y., Nakazato, M., Matsuo, H., & Kangawa, K. (1999). Ghrelin is a growth-hormone-releasing acylated peptide from stomach. *Nature*, 402(6762), 656.
- Kojima, M., Hosoda, H., Nakazato, M., & Matsuo, H. (2005). Kangawa K. *Ghrelin: structure and function*. *Physiol Rev*, 85, 495-522.
- KÖSE, S., & ŞANLIER, N. (2015). Hedonik açlık ve obezite. *Turkiye Klinikleri Journal of Endocrinology*, 10(1), 16-23.
- Laermans, J., Vancleef, L., Tack, J., & Depoortere, I. (2015). Role of the clock gene Bmal1 and the gastric ghrelin-secreting cell in the circadian regulation of the ghrelin-GOAT system. *Scientific reports*, 5, 16748.
- Li, J.-B., Asakawa, A., Cheng, K., Li, Y., Chaolu, H., Tsai, M., & Inui, A. (2011). Biological effects of obestatin. *Endocrine*, 39(3), 205-211.
- Lindqvist, A., de la Cour, C. D., Stegmark, A., Håkanson, R., & Erlanson-Albertsson, C. (2005). Overeating of palatable food is associated with blunted leptin and ghrelin responses. *Regulatory peptides*, 130(3), 123-132.
- Lutter, M., & Nestler, E. J. (2009). Homeostatic and hedonic signals interact in the regulation of food intake. *The Journal of nutrition*, 139(3), 629-632.
- Malik, S., McGlone, F., Bedrossian, D., & Dagher, A. (2008). Ghrelin modulates brain activity in areas that control appetitive behavior. *Cell metabolism*, 7(5), 400-409.
- Monteleone, P., Piscitelli, F., Scognamiglio, P., Monteleone, A. M., Canestrelli, B., Di Marzo, V., & Maj, M. (2012). Hedonic eating is associated with increased peripheral levels of ghrelin and the endocannabinoid 2-arachidonoyl-glycerol in healthy humans: a pilot study. *The journal of clinical endocrinology & metabolism*, 97(6), E917-E924.
- Monteleone, P., Scognamiglio, P., Monteleone, A. M., Perillo, D., Canestrelli, B., & Maj, M. (2013). Gastroenteric hormone responses to hedonic eating in healthy humans. *Psychoneuroendocrinology*, 38(8), 1435-1441.
- Murray, S., Tulloch, A., Gold, M. S., & Avena, N. M. (2014). Hormonal and neural mechanisms of food reward, eating behaviour and obesity. *Nature Reviews Endocrinology*, 10(9), 540.
- Müller, T. D., Nogueiras, R., Andermann, M. L., Andrews, Z. B., Anker, S., Argente, J., . . . Broglio, F. (2015). Ghrelin. *Molecular metabolism*, 4(6), 437-460.
- Nakazato, M., Murakami, N., Date, Y., Kojima, M., Matsuo, H., Kangawa, K., & Matsukura, S. (2001). A role for ghrelin in the central regulation of feeding. *Nature*, 409(6817), 194.

- Nigro, M., Monteleone, A., Di Marzo, V., Dalle Grave, R., El Ghoch, M., Cimino, M., . . . Monteleone, P. (2015). Neuroendocrine Responses to Hedonic Eating in Obese Patients with and Without Binge Eating. *European Psychiatry*, 30, 1351.
- Perello, M., Sakata, I., Birnbaum, S., Chuang, J.-C., Osborne-Lawrence, S., Rovinsky, S. A., . . . Zigman, J. M. (2010). Ghrelin increases the rewarding value of high-fat diet in an orexin-dependent manner. *Biological psychiatry*, 67(9), 880-886.
- Pérez-Tilve, D., González-Matías, L., Alvarez-Crespo, M., Leiras, R., Tovar, S., Diéguez, C., & Mallo, F. (2007). Exendin-4 potently decreases ghrelin levels in fasting rats. *Diabetes*, 56(1), 143-151.
- Saad, M. F., Bernaba, B., Hwu, C.-M., Jinagouda, S., Fahmi, S., Kogosov, E., & Boyadjian, R. (2002). Insulin regulates plasma ghrelin concentration. *The journal of clinical endocrinology & metabolism*, 87(8), 3997-4000.
- Sakata, I., Nakamura, K., Yamazaki, M., Matsubara, M., Hayashi, Y., Kangawa, K., & Sakai, T. (2002). Ghrelin-producing cells exist as two types of cells, closed-and opened-type cells, in the rat gastrointestinal tract. *Peptides*, 23(3), 531-536.
- Sam, A. H., Troke, R. C., Tan, T. M., & Bewick, G. A. (2012). The role of the gut/brain axis in modulating food intake. *Neuropharmacology*, 63(1), 46-56.
- Sato, T., Ida, T., Nakamura, Y., Shiimura, Y., Kangawa, K., & Kojima, M. (2014). Physiological roles of ghrelin on obesity. *Obesity research & clinical practice*, 8(5), e405-e413.
- Schaeffer, M., Langlet, F., Lafont, C., Molino, F., Hodson, D. J., Roux, T., . . . Dehouck, B. (2013). Rapid sensing of circulating ghrelin by hypothalamic appetite-modifying neurons. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(4), 1512-1517.
- Shearman, L. P., Wang, S.-P., Helmling, S., Stribling, D. S., Mazur, P., Ge, L., . . . Howard, A. D. (2006). Ghrelin neutralization by a ribonucleic acid-SPM ameliorates obesity in diet-induced obese mice. *Endocrinology*, 147(3), 1517-1526.
- Shimada, M., Date, Y., Mondal, M. S., Toshinai, K., Shimbara, T., Fukunaga, K., . . . Yoshimatsu, H. (2003). Somatostatin suppresses ghrelin secretion from the rat stomach. *Biochemical and biophysical research communications*, 302(3), 520-525.
- Skibicka, K. P., Hansson, C., Alvarez-Crespo, M., Friberg, P. A., & Dickson, S. L. (2011). Ghrelin directly targets the ventral tegmental area to increase food motivation. *Neuroscience*, 180, 129-137.
- Skibicka, K. P., Hansson, C., Egecioglu, E., & Dickson, S. L. (2012). Role of ghrelin in food reward: impact of ghrelin on sucrose self-administration and mesolimbic dopamine and acetylcholine receptor gene expression. *Addiction biology*, 17(1), 95-107.
- Skibicka, K. P., Shirazi, R. H., Hansson, C., & Dickson, S. L. (2012). Ghrelin interacts with neuropeptide Y Y1 and opioid receptors to increase food reward. *Endocrinology*, 153(3), 1194-1205.
- Skibicka, K. P., Shirazi, R. H., Rabasa-Papio, C., Alvarez-Crespo, M., Neuber, C., Vogel, H., & Dickson, S. L. (2013). Divergent circuitry underlying food reward and intake effects of ghrelin: dopaminergic VTA-accumbens projection mediates ghrelin's effect on food reward but not food intake. *Neuropharmacology*, 73, 274-283.
- Toshinai, K., Mondal, M. S., Nakazato, M., Date, Y., Murakami, N., Kojima, M., . . . Matsukura, S. (2001). Upregulation of ghrelin expression in the stomach upon fasting, insulin-induced

- hypoglycemia, and leptin administration. *Biochemical and biophysical research communications*, 281(5), 1220-1225.
- Tschöp, M., Smiley, D. L., & Heiman, M. L. (2000). Ghrelin induces adiposity in rodents. *Nature*, 407(6806), 908.
- Tschöp, M., Weyer, C., Tataranni, P. A., Devanarayan, V., Ravussin, E., & Heiman, M. L. (2001). Circulating ghrelin levels are decreased in human obesity. *Diabetes*, 50(4), 707-709.
- Wittekind, D. A., & Kluge, M. (2015). Ghrelin in psychiatric disorders—a review. *Psychoneuroendocrinology*, 52, 176-194.
- Wortley, K. E., Anderson, K. D., Garcia, K., Murray, J. D., Malinova, L., Liu, R., . . . Yancopoulos, G. D. (2004). Genetic deletion of ghrelin does not decrease food intake but influences metabolic fuel preference. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(21), 8227-8232.
- Wren, A., Seal, L., Cohen, M., Brynes, A., Frost, G., Murphy, K., . . . Bloom, S. (2001). Ghrelin enhances appetite and increases food intake in humans.
- Zigman, J. M., Jones, J. E., Lee, C. E., Saper, C. B., & Elmquist, J. K. (2006). Expression of ghrelin receptor mRNA in the rat and the mouse brain. *Journal of Comparative Neurology*, 494(3), 528-548.

KARBAMAZEPİN VE VALPROİK ASİT İLE TEDAVİ EDİLEN EPİLEPSİLİ ÇOCUKLARDA, SERUM LİPİDLERİ VE KARACİĞER FONKSİYON TESTLERİNİN İNCELENMESİ

Nilüfer Matur Okur
Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi

ÖZET

Epilepsinin kümülatif yaşam boyu insidansı %3'tür ve vakaların yarısından fazlası çocukluk çağında başlar (1).

İlaç tedavisi nöbetli hastalığı olan çocukların çok büyük bir çoğunluğu için esas tedavi biçimidir (2). Çocukluk çağı epilepsilerinin tedavisinde ilk tercih edilen ilaçlardan biri valproik asit(VPA), diğeri de karbamazepindir (CBZ). Karbamazepin enzim aktivasyonu yaparak başta kendi metabolizması olmak üzere karaciğerde safra asitleri, kolesterol, lipidler, bilirubinler, glukokortikoid hormonlar, D ve K vitamini gibi bu enzimlerle aktive olan pek çok endojen maddenin metabolizmasını etkiler (3).

Aterosklerozun artık hayatın ilk yıllarından itibaren başladığı bilinmektedir. Aterosklerozu hazırlayan birtakım risk faktörleri ortaya konmuş, bunlardan kaçınmanın ateroskleroz insidansını azalttığı çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir. Bu risk faktörlerinden en önemlilerinden birisi hiperlipidemilerdir (4).

Antiepileptik ilaçların (AEİ) serum lipid ve lipoprotein seviyelerini yükselttiği birçok araştırmacı tarafından saptanmıştır (5.6.7.8.9.10.11.12). Fakat bu ilaçların HDL-K (yüksek dansiteli lipoprotein)'de artış yaparak aterosklerotik kalp hastalıklarında koruyucu bir faktör olarak rol oynayabileceğini belirten raporlar da vardır (13,14).

Bu çalışma ile çocukluk çağı epilepsilerinde ilk seçenek olarak yaygın ve uzun süre kullanılan antiepileptik ajanlardan CBZ ve VPA'nın; serum lipidleri ve karaciğer fonksiyonları üzerine etkilerini ve ateroskleroz üzerinde predispozan bir faktör olup olmadığını saptamak istedik.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışma 1 Eylül 2000–1 Eylül 2008 tarihleri arasında Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi (DÜTF) Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Çocuk Nöroloji Polikliniği'nde epilepsi tanısı ile izlenen, 1 -15 yaş arasında ,CBZ veya VPA tekli ilaç tedavisi alan hastalar prospektif olarak alındı. Tüm hastalar interiktal dönemde, rutin kontrol döneminde iken incelendiler.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri; epilepsi tanılı, epilepsi dışında başka hastalık tanısı almayanlar (kraniyal patolojiler dahil), tekli CBZ veya VPA tedavisi alan ve bu ilaçları 3 aydan daha kısa veya 1 yıldan daha uzun süredir kullanan, başka bir hastalık nedeniyle düzenli ilaç kullanmayan, metabolik hastalık belirti ve şüphesi olmayan, kan ilaç düzeyi normal sınırlarda izlenmesiydi.

Bu koşullar altında CBZ ve VPA kullanan hastalar kendi aralarında ilacı 3 aydan daha kısa süre ve 1 yıldan daha uzun süre ilacı kullananlar olmak üzere iki gruba ayrıldı.

Araştırmanın yapılması amacıyla çalışmaya katılan hastalardan 8–12 saatlik açlık sonrası sabah saat 08.00–09.00 arasında 5 ml venöz kan alınmıştır. Alınan kan örnekleri DÜTF Biyokimya Laboratuvarı'nda çalışılmıştır.

İstatistiksel Analiz

Sürekli değişkenlerin ortalama ve standart sapma değerleri ($\bar{X} \pm SD$) tanımlayıcı istatistikler olarak kullanıldı. İki grubun karşılaştırılmasında " iki bağımsız grup ortalamasını karşılaştıran Student's t testi "kullanıldı. Test aşamasında hipotezler çift yönlü kabul edilerek, yanılma olasılığı $p < 0.05$ olduğunda önemli farklılık kabul edildi. İstatistik analizler; SPSS 15,0 for Windows (SPSS, Inc. Chicacgo, ILL,USA) paket programı kullanılarak yapıldı.

Bulgular

Araştırma grubunda değerlendirmeye alınan toplam epilepsili hasta sayısı 128'dir. Tüm hastaların 74'ü (%57,8) erkek, 54'ü (%42,2) kızdı. Hastaların 71'i (%55,47) VPA ile tedavi edilmiştir (Tablo 1).

Bir yıldan daha uzun zamandır tedavi edilen hastalar göz önüne alındığında VPA uzun süreli tedavi edilen grupta (36 olgu); 3 olguda (%8,3) son 6 ayda 2'den fazla nöbet gözlenirken; 2 hastada (%5,5) 1 veya 2 nöbet gözlenmiş, diğerlerinde (%86,1) nöbet gözlenmemiştir. CBZ ile bir yıldan daha uzun zamandır tedavi edilen grupta ise %84,6 hastada son 6 ayda nöbet gözlenmezken; 2 vakada (%7,7) 1 veya 2 nöbet, 2 vakada da (%7,7) 2'den fazla nöbet gözlenmiştir (Tablo 2).

Çalışmaya katılan hastalar, kullandıkları ilaçların potansiyel yan etkileri tablo 3 te görülmektedir.

VPA ile tedavi edilen hastaların kısa ve uzun süreli ilaç alan hastaların lipit profili verileri karşılaştırıldığında sırasıyla; çok düşük dansiteli lipoprotein(VLDL) ($26,42 \pm 21,94$ mg/ dl, $18,02 \pm 9,46$ mg/dl , $p=0.039$) değişimleri anlamlı bulundu. HDL-K , total kolesterol (TK)/ HDL-K, HDL -K, düşük dansiteli lipoprotein (LDL-K), trigliserit(TG), TG ve LDL-K/HDL-K değerlerinde farklılık saptanmadı (Tablo 4).

VPA ile tedavi grubunda karaciğer fonksiyon testlerinin zamana göre varyans analizi sonucunda gama glutamil transpeptidaz (GGT) ($12,43 \pm 4,32$, $16,08 \pm 2,93$, $p=0,000$) değişimleri anlamlı bulunurken; aspartat aminotransferaz (AST), alanin aminotransferaz (ALT), alkalen fosfataz (ALP), total bilirubin (T.Bil) ve albümin değerlerinde farklılık saptanmamıştır (Tablo 5).

CBZ ile tedavi edilen kısa ve uzun süreli ilaç kullanan gruplarda lipit profillerinde VLDL ($42,96 \pm 18,84$ mg/dl , $16,47 \pm 2,96$ mg/dl , $p=0,035$) farklılıkları anlamlı bulundu. Bu gruptaki TG, LDL-K/HDL-K ,TK/ HDL-K ,T.Kolesterol , HDL-K ve LDL-K değerleri arasında anlamlı fark saptanmadı (Tablo 6).

CBZ ile tedavi gruplarında karaciğer fonksiyon testlerinden GGT ($13,52 \pm 2,94$ mg/dl; $21,50 \pm 3,36$ mg/dl, $p=0,000$) gruplar arasında anlamlı farklılık gösterirken, AST, ALT, albümin, T.bil ve ALP değerleri açısından farklılık saptanmamıştır (Tablo 7).

Tartışma

Serum lipid değerleri; nöbet ve/veya kronik AEİ kullanımına bağlı değişebilir. AEİ'ların serum lipidleri ve dolayısıyla ateroskleroz üzerine etkisi olduğuna dair yayınlar vardır (15,16). Serum lipidleri olarak total kolesterol (TK) ve düşük dansiteli lipoproteinde artış (LDL); yüksek dansiteli lipoproteinde (HDL) azalmalar gösterilmiştir (17,18). Karbamazepinin HDL ve HDL/TK oranlarını arttırdığı izlenmiştir (19). Diğer bir çalışmada ise AEİ kullanan hastalarda ateroskleroza bağlı kalp hastalıklarının normal popülasyona göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (16).

Uzun süreli antiepileptik tedavinin kardiovasküler hastalıklarının sıklığını ve gelişimini etkilediği bilinmektedir (16).

Epilepsi tedavisinde kullanılan bazı ilaçlar birçok lipofilik ilaç gibi karaciğerde oksidasyon ve konjugasyon yolu ile metabolize edilirler. Oksidatif işlevlerden sorumlu olan enzimler mikrozomal miks fonksiyonlu oksijenazlardır ve en sık kullanılan AEİ'lar olan CBZ metabolizmalarını sağlayan bu enzimleri aktive ederler. VPA ise mikrozomal enzim indüksiyonu yapmaz, aksine yağ asitlerinin mitokondride β -oksidasyonunu ve bazı sitokrom p450 enzimlerini inhibe eder (20).

Valproik asid mikrozomal enzimlere indükleyici etki yapmaz, bu nedenle lipid profili üzerine etkisi tartışmalıdır ve yapılan çalışmalarda çok farklı sonuçlar elde edilmiştir. Serum lipid parametrelerinin hiçbirinde değişiklik yapmadığına ve ateroskleroz için risk oluşturmadığına dair pek çok çalışma mevcuttur (21,22).

Yapılan çalışmalarda karbamazepinin lipidler üzerindeki etkisi ve ateroskleroz gelişimi ile olan ilişkisi konusunda birbiri ile çelişen sonuçlar bildirilmiştir (17). Bir başka çalışmada ise karbamazepinin sadece androjenleri değil tüm seks hormon düzeylerini düşürdüğüne dair veriler yayınlanmıştır (23). Karbamazepin ve diğer antiepileptik ilaçların yapmış olduğu hepatik mikrozomal enzim indüksiyonu, serum lipid düzeylerini de etkileyebilmektedir (24,25). Bazı

Çalışmalarda, karbamazepinin HDL-kolesterol düzeyini artırmasına paralel olarak ateroskleroz ve koroner kalp hastalığı oluşumunu ve buna bağlı mortaliteyi azalttığı bildirilmiştir (20).

Daha önce yapılan bir çalışmada ise bulgularımıza benzer şekilde, karbamazepin kullananlarda plazma total kolesterol düzeyindeki artışın kontrol grubuna göre önemsiz olduğu hatta plazma karbamazepin konsantrasyonunda artış ile total kolesterol düzeyinde bir azalma olduğu ileri srlmştir (11). Kolesterolün doku düzeyinde azalması kolesterolün membranlardan özellikle HDL3 veya olgunlaşmamış HDL gibi düşük kolesterol potansiyelli lipoproteinlere akışına bağlanmıştır (21). Diğer yandan, Brown ve arkadaşları (26) karbamazepin kullanan hastalarda görülebilecek total kolesterol artışının HDL kolesterol düzeylerindeki artış ile ilişkili olma olasılığının yüksek olduğunu, bu nedenle aterosklerozla gelişimi ile ilişkili bir sorun çıkarma olasılığının düşük olduğunu belirtmiştir. Karbamazepin kullanan hastalarımızda serum trigliserid düzeyinin kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek bulunması, literatürle genel olarak uyumlu bir bulguydu (27). Ancak serum trigliserid düzeyinde artışın karbamazepine bağlı mekanizmalarla oluştuğu çok açık biçimde ortaya konabilmiş değildir. Antiepileptiklerin LDL-kolesterol düzeyinde yapmış olduğu değişiklikler konusunda bir fikir birliği oluşmamıştır. Luoma ve arkadaşları (28), fenitoin, fenobarbital veya karbamazepin alan hastalarda, Calandre ve arkadaşları (29) ise karbamazepin kullanan erkeklerde serum LDL kolesterol düzeylerinde azalma olduğunu saptamışlardır. Bu azalmanın karbamazepinin LDL-kolesterolün metabolizmasını karaciğer mikrozomal enzim indüksiyonuna bağlı olarak hızlandırmasının bir sonucu olduğu ileri srlmştir. Diğer bazı çalışmalarda ise aksine (5) karbamazepin kullanan hastalarda LDL-kolesterol düzeyinde artma grldğ bildirilmiştir. Karbamazepin kullanan 21 hastada yaptıkları bir çalışmada, Bramswig ve arkadaşları (30) LDL-kolesterol düzeyinde anlamlı bir artış görüldüğünü, bu artışın karbamazepinin kolesterol sentezine olan direkt etkisinden (LDL-kolesterol üretiminin artması, ya da ApoB içeren lipoproteinlerin katabolizmasının azalması) ok orta yoğunluktaki lipoprotein (IDL) kolesterollerin dönüşümünün artışına bağlı olduğunu ileri srmştir. Aynı yazarlar, LDL kolesterol düzeylerindeki artışın karbamazepinin tiroid hormonları üzerindeki etkisi ile de açıklanabileceğini vurgulamışlardır (30). Çalışmamızın diğer bulgularına paralel olarak, ateroskleroz risk faktörlerinin saptanmasında son yıllarda HDL-kolesterolü

LDL/HDL-kolesterol oranının da hasta grubumuzda kontrol grubuna göre düşük olduğu gözlenmiştir (31). Bu sonuçta literatürde elde edilen bulgularla uyumluydu (28).

Sonuç olarak bu çalışmada valproik asit ve karbamazepin ile bir yıldan daha uzun zamandır tedavi edilen hastalarda serum VLDL ve GGT düzeylerinde anlamlı derecede değişiklikler saptanmıştır. Literatürde enzim indükleyici AEİ'lerin serum lipid değerlerinde yaptıkları çeşitli değişiklikler yayınlanmıştır. Ancak AEİ 'lerin ateroskleroz riski ile ilgili çok daha geniş serilerle yapılmış daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Tablo 1: Olguların, sayısı, yaş ve cinsiyet dağılımları

Özellik	VPA Tedavi Grubu	CBZ Tedavi Grubu	Toplam
Olgu Sayısı (%)	71(55,47)	57(44,53)	128(100)
Yaş: Ortalama±Sd	7,25±3,13	6,54±3,77	6,89±3,45
Yaş Sınırları(Yıl)	1,5–15	1,5–14	1,5–15
Erkek Olgular	40 (56,4)	34(59,6)	74(57,8)
Kız Olgular Olgular	31 (43,6)	23(40,4)	54(42,2)

Tablo 2: Antiepileptik tedavi altında nöbet tekrar oranları.

Son 6 Ayda	CBZ		VPA		Toplam	
	n	%	n	%	n	%
2'den fazla nöbet	3	8,3	2	7,7	5	8,06
2 ve daha az nöbet	2	5,5	2	7,7	4	6,45
Nöbetsiz	31	86,1	22	84,6	53	85,4

Tablo 3: AEİ kullanımı sonrası görülen yan etkiler

Yan Etkiler	VPA		CBZ		Toplam	
	n	%	n	%	n	%
Bulantı	3	4,2	4	7	7	5,4
Kusma	2	2,8	4	7	6	4,86
İştahsızlık	7	9,86	4	7	11	8,59
Karın Ağrısı	2	2,8	4	7	6	4,86
Kilo Değişiklikleri	6	8,5	-	-	6	4,86
Ataksi	1	1,4	2	3,5	3	2,34
Vertigo	1	1,4	-	-	1	0,78
Nistagmus	2	2,8	-	-	2	1,56
Cilt Döküntüleri	2	2,8	4	7	6	4,86
Ajitasyon	5	7,04	-	-	5	3,9
Tremor	3	4,2	-	-	3	2,34
Burun Kanaması	2	2,8	-	-	2	1,56
Diare	-	-	3	5,3	3	2,34
Diplopi	-	-	1	1,7	1	0,78
Hafif KCFT Boz.	-	-	3	5,3	3	2,34

Tablo 4: VPA grubunda serum lipidlerinde tedavi süresine bağılı değişiklikler

Serum Lipidleri	Kısa sürelili Tedavi n=	Uzun sürelili tedavi n= Ortalama±	t	p
TG(mg/dl)	129,57±110,288	91,17±47,542	1,915	0,06
T.kolesterol(mg/dl)	139,18±40,858	141,86±20,709	0,350	0,727
HDL-K(mg/dl)	46,94±13,34	51,47 ±15,187	1,334	0,187
LDL-K(mg/dl)	70,15±21,639	73,11±23,375	0,553	0,582
VLDL	26,42±21,946	18,02±9,469	2,102	0,039
T.Kol/ HDL-K	3,41±2,11	3,28±2,83	0,221	0,826
LDL-K/HDL-K	1,71±0,52	1,77±0,56	0,326	0,785

Tablo 5: VPA tedavisi alan hastaların karaciğer fonksiyon testleri

Karaciğer Fonksiyon Testleri	Kısa sürelili Tedavi n=	Uzun sürelili tedavi n= Ortalama±	t	p
AST(U/L)	27,60 ± 6,08	32,22± 52,299	0,515	0,608
ALT(U/L)	14,00 ±7,727	29,78± 82,434	1,127	0,264
ALP(U/L)	193,91 ± 57,520	200,14 ±73,045	0,398	0,692
GGT(U/L)	12,43± 4,32	16,08 ±2,93	4,182	0,000
T.BİL(mg/dl)	0,369± 0,206	0,450 ± 0,229	1,567	0,122
ALBÜMİN(g/dl)	3,71 ± 0,287	3,77 ± 0,291	0,868	0,389

Serum Lipidleri	Kısa sürelili Tedavi n=	Uzun sürelili tedavi n= Ortalama±	t	p
TG(mg/dl)	123,65±53,91	134,00±69,655	0,632	0,530
T.kolesterol(mg/dl)	144,68±35,419	136,50±29,611	0,934	0,354
HDL-K(mg/dl)	52,68±11,545	55,77 ±17,312	0,804	0,425
LDL-K(mg/dl)	73,95±22,722	74,69±23,691	0,120	0,905
VLDL	42,96±18,849	32,85±16,479	2,160	0,035
T.Kol/ HDL-K	2,89±0,94	2,78±1,32	0,380	0,760
LDL-K/HDL-K	1,52±0,44	1,50±0,54	0,460	0,882

Kaynakça

- 1) Behrman RE, Kliegman RM, Jenson HB, Nelson Pediatri, Akçay T, 1. baskı, Nobel matbaacılık, Nobel Tıp Kitapevleri,2008
- 2) Aicardi J, Guerrini R, Arzimanoglou A, Aicardi'nin Çocuklarda Epilepsi, Dervent A. ,Eşkazan E., 1. Baskı, İstanbul, İstanbul Medikal Yayıncılık , 2007, 354-378.
- 3) Havel RJ, Kane JR. Introduction: Structure and metabolism of plasma lipoproteins. In the metabolic and molecular bases of inherited disease, Volum II. Scriver CR, Beaudet AL, Sly WS, Vale D (ed). Mc Graw-Hill, USA 1995:1841–2082.
- 4) Ünal S, Çocuklarda Valproik Asit ve Karbamazepin Tedavisinin Lipid, Lipoprotein ve Apoproteinler Üzerine Etkisi, Uzmanlık Tezi, Sosyal Sigortalar Kurumu Ankara Çocuk Hastalıkları ve Eğitim Hastanesi, 1997.
- 5) Berlit P, Krause K.H. Serum lipids and anticonvulsants. Ağa Neurology Scandinav 1982: 66; 328–334.
- 6) Darab. K. Dostrand U.P, Effect of prolonged anticonvulsant medication in epileptic patients; serum lipid, vitamins, B6, B12 and folic acid, proteins and fine structure of liver, Epilepsia 1982 28 (2), 147–159.

- 7) Heldenberg D, Herel S: The effect of chronic anticonvulsant therapy on serum lipid and lipoprotein in epileptic children. *Neurology* 1983; 33: 510–13.
- 8) Ivome P.V, Myüye V. Plasma HDL cholesterol in epileptics with elevated trigliseride and cholesterol. *Açta Neurology Scandinavi* 1979; 60; 56–63.
- 9) Ivome P.V, Myllye V. Plasma HDL cholesterol in epileptics with various anticonvulsants. *Eur. Neurology* 1980,19; 67–72.
- 10) Norehan R.M. Effects of anticonvulsant drugs on total cholesterol. HDL cholesterol and apolipoproteins A and B in children with epilepsy. *Society for experimental. Biology and Medicine* 1985;180; 359–363.
- 11) O’Neil B. Collaghan N. Serum elevation of HDL cholesterol in epileptic patients taking carbamazepine or phenytoin. *Açta Neur. Scand.* 1982; 65;104–109.
- 12) Povone L: İncresed serum phospholipids in epileptic children treated with phenobarbital. *JNeur. and psychiatry* 1982; 45: 81–82.
- 13) Lindin V. Myocardial infarction in epileptics. *Brit J Med* 1972; 2;87.
- 14) Livingston S. Phenytoin and serum cholesterol. *Brit J Med* 1, 1976:386.
- 15) Newman WP, Friedman DS, Voors AW. Relation of serum lipoprotein levels and systolic blood pressure to early atherosclerosis: the Bogalusa Heart Study. *New Engl J Med* 1986; 314: 138–44.
- 16) Muuronen A, Kaste M, Nikkila EA, Tolppanen EM. Mortality from ischemic heart disease among the patients using anticonvulsant drugs: a case control study. *BMJ* 1985; 291: 1481–3.
- 17) Eiris JM, Rodriguez IN, Rio MD, Mesegaer P, Rio MC, Gago MC. The effects on lipid and apolipoprotein serum levels of long-term carbamazepine, valproic acid and phenobarbital therapy in children with epilepsy. *Epilepsy Res* 2000; 41: 1–7.
- 18) Demircioğlu S, Soylu A, Diric E. Carbamazepine and valproic acid: effects on the serum lipids and liver functions in children. *Pediatr Neurol* 2000; 23: 142–146.
- 19) Zeilthoper S, Doppelbauer A, Tribl G, Leitha T, Deecke L. Chnages in serum lipid pattern during long term anticonvulsant treatment. *Clin Invest* 1993; 71: 574–578.
- 20) Luoma PV. Microsomal enzyimme induction, lipoproteins and atherosclerosis. *Pharmacology and Toxicology* 1988;62.243–249.
- 21) Yddız H, Emre U, Coşkun Ö, Gönülal B, İnan L.E. Valproik Asit ve Karbamazepinin Serum Lipid Profiline Etkileri. *Epilepsi* 2002; 8-(2); 94–98.

- 22) Calandre E.P, Rodriguez CM, Cano M.D, Bernal P. M. Serum lipids, lipoproteins, and apolipoproteins in adult epileptics treated with carbamazepine, valproic acid or phenytoin. *Rev Neurol* 1998 Nov; 27(159): 785.
- 23) Isojarvi JI, Pakarinen AJ, Myllyla VV. A prospective study serum sex hormones during carbamazepine therapy. *Epilepsy Res.* 1991; 9; 139–144.
- 24) Luoma PV, Sotaniemi EA, Arranto AJ. Serum LDL cholesterol, the LDL/HDL cholesterol ratio and liver microsomal enzyme induction evaluated by antipyrine kinetics. *Scand J Clin Lab Invest.* 1983; 43:671–675.
- 25) Levy RH, Pitlick H, Troupin AS et al. Pharmacokinetics of carbamazepine in normal man. *Clin Pharmacol Ther.* 1975; 17:657–668.
- 26) Brown DW, Ketter TA, Crumlish J et al. Carbamazepine-induced increases in total serum cholesterol: clinical and theoretical implications. *J Clin Psychopharmacol.* 1992; 12:431–437.
- 27) K, Dave UP. Effect of prolonged anticonvulsant medication in epileptic patients: Serum lipids, B6, B12, and folic acid, proteins, and fine structure of liver. *Epilepsia.* 1987; 28: 147–159.
- 28) Luoma PV, Sotaniemi EA, Arranto AJ. Serum LDL cholesterol, the LDL/HDL cholesterol ratio and liver microsomal enzyme induction evaluated by antipyrine kinetics. *Scand J Clin Lab Invest.* 1983; 43:671–675.
- 29) Calandre EP, Rodriguez-Lopez C, Blazquez A et al. Serum lipids, lipoproteins and apolipoproteins A and B in epileptic patients treated with valproic acid, carbamazepine or phenobarbital. *Acta Neurol Scand.* 1991; 83:250–253.
- 30) Bramswig S, Kerksiek A, Sudhop T, et al. Carbamazepine increases atherogenic lipoproteins: mechanism of action in male adults. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2002; 282: 704–716.
- 31) Lemieux I, Lamarche B, Couillard C, et al. Total cholesterol/HDL cholesterol ratio vs LDL cholesterol/HDL cholesterol ratio as indices of ischemic heart disease risk in men: the Quebec Cardiovascular Study. *Arch Intern Med.* 2001; 161: 2685–2692.

AMİTRİPTİLİN ZEHİRLENMESİ NEDENİYLE YATAN OLGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Nurettin Okur 1 Nilüfer Matur Okur 2

1 Diyarbakır Çocuk Hastalıkları Hastanesi

2 Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi

ÖZET

Trisiklik antidepresanlar ilk kullanıma giren antidepresan ilaçlardır ve diğer antidepresanlardan monoamino oksidaz inhibitörleri, geçici serotonin geri alım inhibitörlerinden daha fazla toksik etkileri vardır (1). Amitriptilin etkin, ucuz ve reçetesiz olarak kolaylıkla satın alınabilen trisiklik antidepresan ilaç olması nedeniyle Türkiye’de oldukça fazla kullanılmaktadır.

Trisiklik antidepresanlardan olan amitriptilin etkisini adrenarjik ve seratonerjik nöronlardan epinefrinin ve serotoninin geri alınımını membran pompa inhibisyonu ile engelleyerek göstermektedir. Taşikardi, hipotansiyon, dilate pupiller, ağız kuruluğu ve idrar retansiyonu da bu şekilde olmaktadır. Santral sinir sistemi üzerine etkileri sonucu halisünasyon, ajitasyon, konvülsiyon ve koma görülebilir. Mortaliteyi en çok etkileyen kardiyak etkileri arasında taşikardi elektrokardiyogramda QRS kompleksinde genişleme ve çeğitli aritmiler bulunmaktadır (2,3).

Çocukluk yaş grubu zehirlenmelerinde gerek kaza sonucu gerekse intihar amaçlı amitriptilin zehirlenmeleri; son yapılan çalışmalarda sayısının gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Bu çalışmanın amacı; hastanemiz çocuk acil servisine başvuran ve yatırılarak takip edilen amitriptilin zehirlenmesi olgularının klinik epidemiyolojik ve prognostik özellikleri geriye dönük gözden geçirerek gün geçtikçe artan bu sağlık sorununu gündeme getirerek çözüm önerilerine dikkat çekmektir.

Materyal ve Metod: Bu çalışmada Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Büyük Çocuk, Süt Çocuğu Servisine ve yoğun bakım ünitesine 01/01/2006 ile 01/06/2007 tarihleri

arasında Amitriptilin zehirlenmesi nedeniyle yatırılan 41 olgu demografik özellikleri, ilaç alım nedeni, ilacı kullanan kişi, hastaneye geliş süresi, başvurduğu ilk sağlık merkezi, ilk şikayeti, başvurduğu sağlık merkezinde yapılan tedavi, Glaskow Koma Skalaları, klinikte yattığı süre ve tedavi, klinik bulgular ve prognoz retrospektif olarak incelendi.

Bulgular: Çalışmaya alınan 41 hastanın %56,2'si kız, %43,9'u erkek, yaş ortalaması 4.34 ± 3.19 (minimum 1 yaş maksimum 14 yaş) idi. Olguların % 88'i şehir merkezinden %22'si kırsal kesimden başvurmuş olup, %82,9'si kaza ile %17,1'i intihar amaçlı ilaç almışlardı. Olguların %78'i ebeveynlerin kullandıkları ilaçları almış olduğu, %14,6'sı ilacı sokakta bularak aldığı, %7,4'ü misafirlikte aldıkları tespit edildi. Hastaneye başvuru süresi minimum 10 maksimum 720 dakika ortalama $131,92 \pm 149,06$ ve aldıkları dozu bilinen 31 hastada ortalama dozu 5.20 ± 4.19 mg/kg idi. İlk başvurduğu sağlık merkezinde %12,2 olguya mide lavajı yapılmadığı %22 olguya aktif kömür verilmediği tespit edildi. Olguların Glaskow Koma Skalaları ortalama 11.66 ± 3.90 ve en sık ilk görülen şikayet %51,3 ile uykuya meyil idi. Olguların %34,1'inde aritmi, %19,5'inde konvülsiyon, %17,1'inde metabolik asidoz, %17,1'inde hiponatremi, %14,6'sında solunum arresti, %12,2'sinde hipotansiyon görüldü, en sık görülen aritmi ise %50 oranında sinüs taşikardisi idi. Klinikte hastaların %8,9'unu mide lavajı yapıldı, %17,1'ine aktif kömür, %46,9'una seri aktif kömür verildi. %53,7'sine idrar alkalizasyonu uygulandı. Hastaların %14,6'sının mekanik ventilatör gereksinimi oldu, %66,1 hasta yoğun bakımda takip edilmiş olup, yoğun bakımda ortalama yatış süresi 2.26 ± 1.27 serviste ortalama yatış süresi 1.85 ± 0.79 gündü. Bir hasta aritmi ve solunum yetmezliği nedeniyle kaybedildi.

Tartışma: Çocukluk yaş grubunda zehirlenmeler, acil servislere başvurunun önemli bir bölümünü oluştururlar. Tüm zehirlenme olgularını % 40 kadarı ilaç zehirlenmeleridir (4). Amitriptilin çok

yaygın kullanılan ve reçete edilen bir antidepresandır, ayrıca birçok ülkede antidepresanların sebep olduğu ya da olası intihar olgularında kullanılan en yaygın ajandır (5). Rostetstol ve arkadaşları (6) trisiklik antidepresanlardan amitriptilin ve doxepin'in Norveç'te en yaygın kullanılan antidepresanların olduğu ve ayrıca bu iki antidepresanın zehirlenme ile zehirlenme ile birlikte ölümlere yol açtığıнын bildirdiler. Ülkemizde ise antidepresan ilaçların çocuk zehirlenmeleri arasında ön sıralarda yer alması düşündürücüdür (7,8). Bu durum toplumumuzda depresyonun yaygın bir hastalık olduğunun indirekt bir göstergesi olabilir. Dahası antidepresanların zehirlenmesi çocuklarda en sık yoğun bakım gerektiren zehirlenmedir ve mortalitesi de diğer ajanlara göre oldukça yüksektir (9).

İlacın nereden temin edildiği incelendiğinde %78'inin ilacı ebeveynler tarafından kullanıldığı ve ilacın evden temin edilerek alındığı, % 14,6'sının ise ilacı sokakta oynarken bulup içtiği, %7,4'ünün ise ilacı misafirlğe gittiklerde yerlerde aldıkları görüldü. Saptanan önemli bir nokta ise olguların hiç birinde ilaç alındığının tespit edilmesinden sonra ailelerin kusturma, süt verme gibi hiçbir geleneksel yöntemin uygulanmadığı görüldü. Hastaların %14,6'sı gibi yüksek bir oranın ilacın sokakta bularak içmesi, amitriptilin gibi çocuklar için tehlikeli bir ilacın gelişi güzel bir şekilde sokaklara ve çöpe atılması özellikle bölgemiz gibi çocukların yeterince izlenemediği yerlerde potansiyel bir tehlike olduğu ve bu tür ilaçların imha edilmesinde ulusal bir politika oluşturulması gerektiğini düşünmekteyiz. Bir diğer nokta ise ailenin bilinçli olması ve kendi evinde zehirlenme ile ilgili tedbirleri almasına rağmen olguların %7,4'ünün misafirlğe gittiklerde evlerde çocuklarının zehirlenmeye maruz kaldığı görülmüştür. Bu nedenle misafirlğe gidilen evlerde özellikle küçük çocukları olan ailelerin bu konuda dikkatli davranmaları ve gerekli tedbirleri almaları gerekmektedir.

zehirlenmesine bağlı mortalite ve morbidite azaltılabilir. Bu konuda zehir danışma merkezinden yardım alınabilir (10).

Sonuç: Olguların büyük çoğunluğu 0–5 yaşı arasındadır. 10 yaşı üzeri kızlarda intihar amaçlı amitriptilin zehirlenmesi oranı yüksektir. Diğer çalışmalara oranla solunum yetmezliği ve konvülsiyon daha yüksek oranda görölmüştür. Amitriptilin zehirlenmesi bir çok çalışmada göröldüğü gibi sıklığı giderek artmakta, bazı çalışmalarda ise çocukluk çağında en sık zehirlenme nedeni olarak karşımıza çıkmakta ve yoğun bakım tedavisi gerektirdiği, mortalite ile sonuçlanabildiği görölmüştür. Güvenli kapak uygulamasının hayata geçmesi için mutlaka sağlık bakanlığı nezdinde girişimlerde bulunulmalı, sadece uzman hekimler tarafından reçete edilmesi sağlanılmalı, yeşil reçete kapsamına alınmalı, reçete edilen ailelere ilacın çocuklar için tehlikeli olduğu konusunda mutlak uzak tutulması gerekliliği anlatılmalıdır.

Kaynaklar:

1. Dökmeci Ğ.Trisiklik antidepresanlar. Toksikoloji. 3. baskı. Dökmeci Ğ, ed. apa, Ğstanbul, Nobel Tıp Kitapevleri, 2001: 414-415.
2. Interpretive toxicology: drug abuse and drug deaths. In: DiMaio VJ, DiMaio D, eds. Forencis Pathology. 2nd ed.Boca Raton, FL: CRC Pres; 2001;507–545.
3. Burks JS, Walker JE, Rumack BH, et al. Tricyclic antidepressant poisoning: reversal of Coma, choreoathetosis, and myoclonus by physostigmine. JAMA 1974;230:1405–1407.

4. Rodgers GC, Matyunmas NJ. Poisonings: Drog, chemicals, and plants. in: Behrman RE, Kleigmen RM, Jenson HB, editors. Nelson Textbook of Pediatrics, 17 th ed. W.B. Saunders, Philadelphia 2004; 2362–2374.
5. Hulten BA, Health A. Clinical aspects of tricyclic antidepressant poisoning. Acta Med Scand 1983; 213:275–278.
6. Retterstol N. Death due to overdose of antidepressant: experiences from Norway. Acta Psychiatr Scand Suppl 1993;371: 28–32.
7. Cimilli C. Sık görülen aÇırı doz alımları: Antidepresan ilaçlarla zehirlenmeler. T Klin Farmakoloji 2003; 1: 82–7.
8. Ergür TA, Sütçü Ė, Tanzer F. Zehirlenme olgularının değeriendirilmesi. T Klin Pediatri 1999; 8:9 – 14.
9. Çıtak A, Soysal DD, Yıldırım A, Karaböcüoğlu M, Üçsel R, Uzel N. Çocukluk çağı zehirlenmelerinde tehlikeli değeriim. Çocuk Dergisi 2002; 2:116–120.
10. Öner N, Vatansever Ü, Turan Ç, Okutan Ö, et al. Çocuklarda sık görülen Zehirlenmelerden biri: Amitriptilin Zehirlenmesi. Türkiye Klinikleri J Pediatr 2004; 13: 123–128.

LABORATUVAR ÖLÇEKLİ DENEYSEL ÇALIŞMALARDA ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİNİN ÖNEMİ

Gediz Uğuz 1 , Abdülkadir Ayanoğlu 2

1 Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
Kimya Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

2 Mardin Artuklu Üniversitesi,
Kimya Mühendisliği Bölümü, Mardin, Türkiye

ÖZET

Laboratuvar, araştırma, inceleme ve deneylerin yapıldığı, bunlar için gereken araç, madde ve aygıtların bulunduğu yer olarak tanımlanmaktadır. Laboratuvarlarda, buharlaştırma, çözme, çöktürme, damıtma, kurutma, yakma, ekstraksiyon gibi birçok fiziksel ve kimyasal analizler yapılmaktadır ve bu analizler sonucu elde edilen veriler ölçüm sonucu olarak sunulmaktadır. Analizlerdeki ölçümler her zaman tam ve kesin değildir ve bu kesin olmama, ölçüm belirsizliği olarak tanımlanır. Ölçüm Belirsizliği, ölçülen büyüklükteki tüm değerlerin dağılımını karakterize eden ve ölçüm sonucu ile ilgili olan bir parametredir. Bu belirsizliklerin derecesi, deney sonuçlarının güvenilirliği açısından rakamsal olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Ölçümlerin doğruluğuna cihaz, ölçüm metodu, istatistiksel hesaplamalar, personel ve çevre koşulları gibi birçok iç ve dış faktör etki etmektedir. Bu çalışma kapsamında temel laboratuvar işlemlerinde ölçüm belirsizliğinin önemi araştırılarak incelemeler derleme olarak sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Analiz, İzlenebilirlik, Kalibrasyon, Laboratuvar, Ölçüm Belirsizliği

1. GİRİŞ

Ekonomide Küreselleşme Süreci ile birlikte ülkemizde ulusal ekonomi yapılanmasından dünya ekonomisi yapılanmasına geçişi hedeflemek, Yeni Dünya Düzenine geçişte ilk adım olarak nitelendirilmektedir. Günümüzde pazara sunulan ürün ve hizmetlerin çok çeşitli olması, tüketicinin korunmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Tüketicinin korunmasına ilişkin alınan önlemlerden bazıları, ürünün gözetim veya deney ile kontrol edilmesi ve bu süreçlerin denetimi olup ilgili sistemlerin belgelendirilerek uygunluk denetimlerinin yapılmasıdır.

Uygunluk değerlendirmesi laboratuvar, muayene ve belgelendirme kuruluşları tarafında yapılmaktadır. Bu kuruluşların nitelik ve yeterliliği konusunda küresel tanınırlık konusunda çok çeşitli ve hızlı çalışmalar yürütülmektedir. Bu uluslararası tanınırlık denildiğinde ‘‘Akreditasyon’’ uygulamaları akla gelmektedir.

Uygunluk değerlendirme kapsamında Deney ve lm Laboratuvarları önemli rol oynamaktadır. Dolayısı ile laboratuvarlar ölçüm yapan kişiye doğru karar vermede yardımcı olmak ve analiz sonuçlarını en küçük şüphede bırakmamak için yapılandırılmalıdır.

1. ÖLÇÜM BELİRSİZLİğİ KAVRAMI

lm Belirsizliği lm işlemlerinin sonuçlarının dağılımının bir ifadesidir [1,2]. Fiziksel sabitler, gözlemci/ölçüm personeli, standartlar, ölçüm cihazının hassasiyeti, lme işinin en başında yapılan yuvarlamalar, ölçülen büyüklüğün kendisi, ölçülen büyüklüğün tanımlanması, ölçüm düzeni, çevresel koşullar, tekrar edilebilirlik, ölçüm sonuçlarının yeniden retilabilirliği, ölçüm belirsizliğinin kaynakları olarak sıralanabilir. lm sırasında bu kaynaklar ölçüm belirsizliğini meydana getirmektedir. Bu nedenle ölçüm belirsizliği ile hata arasında çok yakın bir ilişi bulunmaktadır. lm belirsizliği, gerçekte, elde edilen herhangi bir ölçüm sonucuyla birlikte yer alması gereken bir parametredir [3,4,5]. lm belirsizliği saptanıp ölçümle birlikte verildiğinde, elde edilen ölçüm değerinin hangi sınırlar içinde yer alacağını ve güven düzeyini yansıtır.

2. HATA KAVRAMI

Laboratuvarlarda yapılan her ölçüm hataya açıktır. Elde edilen ölçümün pratik bir değer taşıması için ölçümün güvenilirliği veya belirsizliğinin bilinmesi gerekir. lm sonuçları kesin olarak değil, kaçınılamayan bir hata payı ile tahmin edilebilmektedir. Hata ve ölçüm belirsizlikleri pratikte birbirlerini etkileyip ölçüm kalitesine etki etmektedirler. Ancak hata ile ölçüm belirsizliği kavramları birbirinden farklıdır. Bu nedenle birbirlerinin yerine kullanılmamalıdır. Ancak hata ve ölçüm belirsizliği birbirini etkileyerek ölçüm kalitesine etki etmektedir. Hatalar rastlantısal (tesadüfi) ve sistematik (bias) hatalar olmak üzere genel olarak iki grupta sınıflandırılmaktadır.

2.1. Rastlantısal (tesadüfi) hatalar

Tekrarlanan ölçümlerde farklı değerler çıkmasına sebep olan, müdahale edilemeyen unsurlardan kaynaklanan değerinin belirlenemediği ölçüsel sapmalardır. Rastlantısal hatalar Ölçüm cihazında müdahale edilemeyen etkiler, müdahale edilemeyen an ölçüm koşullarının etkileri, ölçüm değerindeki müdahale edilemeyen değişiklikler, gözlemcinin/personelin rasgele hatalar ve benzeri hatalardır. Laboratuvar ortamı için rastlantısal hatalar, sıcaklık değişimleri, hava basıncı değişimleri, ölçüm yapan elemanın performansı gibi etkenlere bağlıdır. Aynı örnekte yapılan tekrarlanan ölçümlerle bu tür rasgele etkenlerin değişkenliği saptanabilir.

2.2. Sistematik hatalar (Bias)

Rastlantısal hatalar gibi tamamen yok edilemeyen, aynı ölçüm şartlarında (aynı ölçme düzeneği, aynı gözlemci/personel, aynı ölçüm yeri, aynı çevre koşulları ve aynı parça üzerinde çok kısa zaman aralığında peş peşe yapılan ölçümler) değeri ve işareti sabit kalan veya belirli bir kurala göre değişen ölçüsel sapmalardır. Sistematik hatalar kalibrasyon değişiklikleri, cihaz bozukluğu, kalibrasyonda kullanılan standartların değişikliği, yanlış deney prosedürleri, yanlış hazırlanmış ayraçlar gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır.

3. ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİNİN ÖNEMİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Son yıllarda ülkemizde deney ve ölçüm laboratuvarları genel olarak ölçüm belirsizliğini saptama yönünde teşvik edilmektedir. Ölçüm belirsizliğini raporlama gereği zorunlu olmamakla birlikte, bu raporlama sayesinde laborantların kendi ölçüm sonuçlarının kalitesini değerlendirebilmeleri açısından önem taşımaktadır. Ölçüm belirsizliğinin hesaplanmasında belirsizlik bileşenlerinin tespit edilmesi test yönteminin hangi aşamalarında iyileştirmelere gerek olduğu konusunda yön göstermektedir [6,7].

Laboratuvar işlemlerinde elde edilen ölçümlerin kalitesinin kantitatif bir göstergesi olan ölçüm belirsizliği, ölçüm sonucunun gerçek değeri temsil gücünü göstermektedir. Ölçüm sonucunun ölçüm belirsizliği ile birlikte verilmesi sonucun güvenilirliğinin sorgulanmasına imkan tanımaktadır. Ayrıca ölçüm belirsizliği sayesinde, laboratuvar sonuçlarını referans değerlerle kıyaslayarak farklı laboratuvarlarda elde edilen test sonuçlarının karşılaştırılabilmesine de olanak sağlamaktadır.

Herhangi bir ölçüm sonucu, o teste özgü kabul edilebilir sınır değerlerle karşılaştırılır. Ölçüm belirsizliği, elde edilen sonucun kabul edilebilir sınırlar içinde olup olmadığını göstermektedir. Laboratuvarlarda bazen ölçüm sonuçları sınır değere çok yakındır ve bu durumda ölçüm sonucunun gerçek değerın sınır değerler arasına giremeye olasılığı ortaya çıkmaktadır. Bu gibi durumlarda ölçüm belirsizliği sonucun yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır. İki farklı laboratuvarıda aynı iki örnek çalışılırsa, elde edilen kantitatif sonuçlar arasında bir fark olması beklenmektedir. Bu farkın yorumu, özellikle sınıra yakın değerlerde zordur. İki sonuçtan biri sınır içinde, diğeri sınır dışında kalabilir. Ancak, eğer ölçüm belirsizliği bilinirse, iki test sonucu arasındaki uyum ya da uyumsuzluk değerlendirilebilmektedir.

4. SONUÇ

Laboratuvarlarda yapılan tüm ölçümler için ölçüm belirsizliği kaçınılmazdır. Laboratuvarlarda kaliteli ölçüm yapılabilmesi için ölçüm belirsizliğinin saptanması gereklidir. Ticari ürünlerin uluslararası pazarlarda dolaşımının önündeki en önemli engeller teknik engellerdir. Teknik engelleri aşmanın yolu, ürünlerin uluslararası teknik düzenlemelere uygunluk değerlendirmelerine tabi tutulmasıdır. Teknik düzenlemelere uygunluğun değerlendirilmesi için TS EN ISO/IEC 17025 standardına uygun olarak çalışan test ve kalibrasyon laboratuvarlarının mevcut olması, bu laboratuvarların düzenledikleri raporlarda ölçüm belirsizliklerinin tanımlı olması gerekmektedir. Bu nedenle kalibrasyon laboratuvarları, düzenledikleri bütün kalibrasyon sertifikalarında ölçüm belirsizliğini tanımlamak zorundadırlar [6-9].

KAYNAKLAR

- [1] Meyer, V.R., 2007, Measurement uncertainty. J. Chromatography A., 1158: 15-24.
- [2] De Bièvre, P., 2007, The beginning of the end of the confusion in concepts and terms? The new international vocabulary of basic and general concepts in metrology (VIM). Accred. Qual. Assur., 12: 279-281.
- [3] Barwick, V.J., 1998, VAM Project 3.2.2 Evaluating Confidence in Analytical Measurement. Part (a): Literature review of uncertainty in laboratory operations. Review of sources of uncertainty in gas chromatography and high performance liquid chromatography. LGC/VAM/1998/053. Setting standards in analytical science.
- [4] EURACHEM/CITAC Guide CG 4. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurements, 2nd Edtn. (QUAM:2000.P1) <http://www.measurementuncertainty.org/mu/QUAM2000-1.pdf> (Ulasım: 07.04.2008).
- [5] Quality control procedures for pesticide residue analysis, Document No SANCO/10232/ 2006, 24/March/2006.
- [6] EN ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, CEN Management Centre, Brussels, 2005.
- [7] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO, Geneva, ISBN92-67-10188-9, 1995.
- [8] Anonim, 2019, <https://www.standartmerkezi.com/standartmerkezi-forum/diger/956-iso-17025-standardi-olcum-belirsizligi-ve-yeterlilik.html> (26.02.2019).
- [9] Özgenç A., <https://www.termodinamik.info/teknik/olcum-belirsizligi-kavrami-uzerine> (26.02.2019).

GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİT TAKVİYELİ SENTETİK HİDROKSİAPATİT VE KOYUN KEMİĞİNDEN ELDE EDİLEN DOĞAL HİDROKSİAPATİT BİYOSERAMİK KOMPOZİTLERİN İNCELENMESİ

Erdoğan KARİP¹, Mehtap MURATOĞLU¹

¹Fırat Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Elazığ/TÜRKİYE

ÖZET

Doğal ve sentetik olarak elde edilebilen hidroksiapatit, yüksek oranda kemikle benzerlik gösterdiğinden dolayı biyomalzeme olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada; sentetik hidroksiapatit ve koyun kemiğinden sentezlenen doğal hidroksiapatit tozu matris olarak kullanılmıştır. Her iki matrise de ağırlıkça % 1, 3, 5, 7 ve 10 oranlarında genleştirilmiş perlit takviyesi ile bioseramik kompozitler elde edilmiştir. Ayrıca tane boyutunun kıyaslanabilmesi için genleştirilmiş perlit 50, 75 ve 100 mikron tane boyutunda kullanılmıştır. Mekanik karıştırıcı ile 30 dakika karıştırılan biyoseramik malzemeler, 25 MPa basınç altında hidrolik presle preslenmiş ve 900⁰C sıcaklıkta 1 saat sinterlenmiştir. Numunelerin karakterizasyon özelliklerinin tayini için yoğunluk, mikro-sertlik, XRD, taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve EDX analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak; genleştirilmiş perlit takviyesinin hem tane boyutu hem de ağırlıkça yüzde oranının arttırılması ile mikro sertlik artmıştır. Ayrıca, koyun hidroksiapatit kullanılması ile hem daha yüksek mikro sertlik oranları hem de daha yoğun mikro yapı görüntüleri gözlenmiştir. Biyomalzemelerde istenen bir faz olan kalsiyum silikatlı, kalsiyum fosfatlı yapılar koyun kemiğinden elde edilen doğal hidroksiapatitli numunelerde gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidroksiapatit, bioseramik malzeme, genleştirilmiş perlit.

Giriş

İnsan vücudundaki organ veya canlı dokuların işlevlerini yerine getirmek ya da desteklemek amacıyla kullanılan, sürekli olarak veya belli aralıklarla vücut sıvısı ile temas halinde olan biyomalzemelerin uygulama alanları ve önemi gittikçe artmaktadır.

Apatitler, yaygın kullanım alanına sahip biyoaktif malzeme grubuna girmektedir. Doğal ve sentetik olarak elde edilebilirler. Apatitler

vücudun kemik dokusuyla kuvvetli kimyasal bağlar kurup öyle şekil alırlar [1]. Seramik malzemeler korozyona karşı dayanımı ve son derece yüksek biyouyumluluğu olan malzemelerden biridir. Biyoseramiklerden biri olan ve biyomedikal alanda en çok kullanılan hidroksiapatit, bir kalsiyum fosfat bileşiği olup, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ şeklinde gösterilir. Hidroksiapatit (HA), sentetik ve doğal kaynaklı olmak üzere iki yoldan elde edilir.

Sentetik hidroksiapatit biyomalzemeler oldukça güvenilirdir, fakat üretimi karışık ve pahalıdır. Doğal olarak üretilen biyolojik apatitlerin ise üretimi daha kolay ve ekonomiktir [2-4]. Koyun kemiği, sığır kemiği, mercan, yumurta kabuğu, balık kılçığı, geyik boynuzu gibi doğal maddelerden üretilen hidroksiapatit, sentetik hidroksiapatitlere göre farklılık gösterirler. Doğal hidroksiapatitler yapılarında karbonat, sitrat gruplarına ve genellikle kimyasal yapılarında az da olsa magnezyum, potasyum, stronsiyum ve sodyum içerirler [5]. Doğal hidroksiapatitte kalsiyumun fosfora oranı genel itibarı ile sentetik hidroksiapatitten daha fazladır. Bu gibi özelliklerden dolayı tıbbi uygulamalarda doğal hidroksiapatit kullanımı daha uygundur [6].

HA, mekanik dayanımının düşük olması ve gevrekliği nedeni ile klinik, ortopedik ve dişçilik uygulamalarında kullanımı kısıtlıdır [7]. Bu nedenle, kimyasal içeriğinde yoğun miktarda SiO_2 , Al_2O_3 ve belli oranlarda CaO , Fe_2O_3 , MgO , K_2O , TiO_2 , Na_2O_3 barındıran ticari inert cam, biyoaktif cam, poroz cam gibi biyoseramikler, HA kompozit üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve yapılan çalışmalarında bahsi geçen takviyelerin mekanik özellikleri iyileştirdiği gözlenmiştir [8-12]. Genleştirilmiş perlitin kimyasal bileşimin de %70-75 SiO_2 , %12-15 Al_2O_3 ve

farklı oranlarda CaO , MgO , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , CaF_2 , P_2O_5 gibi bileşenler içerir. Genleştirilmiş perlit (GP) bu açıdan bakıldığında ticari inert cam, biyoseramik cam ve özellikle biyoaktif cam ile çok fazla benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmada; sentetik hidroksiapatit ve koyun kemiğinden sentezlenen doğal hidroksiapatit matris olarak kullanılmıştır. Bu matrislere ağırlıkça % 1, 3, 5, 7 ve 10 oranlarında ve 3 farklı (50, 75, 100 μ) tane boyutunda genleştirilmiş perlit ilavesi ile biyoseramik kompozitler elde edilmiştir. Elde edilen biyokompozitlerin karakterizasyon özelliklerinin tayini için yoğunluk, mikrosertlik, SEM, EDX ve XRD analizleri yapılmıştır.

Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan sentetik hidroksiapatit ve genleştirilmiş perlit, Nanografi Nano Teknoloji Bilişim İmalat ve Danışmanlık Ltd. şirketinden (Ankara) temin edilmiştir. Genleştirilmiş Perlite ait kimyasal bileşimler Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Genleştirilmiş Perlite (GP) ait kimyasal bileşenler.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O ₃	TiO ₂	MnO ₂	SO ₃	FeO	Cr	PbO
GP	%74,5	%14,33	%4,95	%0,28	%0,5	%0,97	%2,7	%0,9	%0,06	%0,03	Eser	Eser	Eser
											Miktar	Miktar	Miktar

Koyun kemiği kullanılarak doğal hidroksiapatit elde edilmiştir. Koyun kemikleri basınçlı tencerede 2 saat kaynatılarak sinir, ilik, yağ gibi istenmeyen yapıların kemikten uzaklaşması sağlanmıştır. Bu işlemden sonra % 5 NaOH çözeltisi kullanılarak 30 dakika kaynatma yapılmıştır. Bu işlem 4 defa, her seferinde % 5 NaOH ilavesi yapılarak tekrarlanmıştır. Elde edilen koyun kemikleri 350 °C ‘de 2 saat süre ile ön kalsine işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra koyun kemikleri 4 saat süre ile 700 °C ‘de sinterlenmiştir.

Sinterlenen koyun kemikleri, zirkonya bilyeler ile bilyeli değirmende 24 saat boyunca öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Koyun kemiklerine uygulanan işlemler Şekil 1. ‘de gösterilmiştir.

Sentetik hidroksiapatit ve koyun kemiğinden sentezlenen doğal hidroksiapatite, ağırlıkça % 1, 3, 5, 7, 10 ve tane boyutu etkisinin kıyaslanabilmesi için 50, 75, 100 mikron olmak üzere üç tane boyutunda genleştirilmiş perlit takviyesi ile biyokompozitler hazırlanmıştır. Hazırlanan biyokompozitlere ait kodlar Tablo 2. ‘de gösterilmiştir.



Şekil 1. a: Basınçlı tencerede 2 saat kaynatılmış ve % 5 NaOH ilave edilen çözeltilerde, 4 defa 30 dakika kaynatma işlemi yapılmış kemikler. **b:** 350 °C ‘de 2 saat ön kalsine işlemi uygulanmış kemikler. **c:** 700 °C ‘de 4 saat sinterlenen kemikler. **d:** Zirkonya bilyeler ile 24 saat boyunca değirmende öğütülen kemikler.

Tablo 2. Biyokompozit numunelerin kodları.

Genleştirilmiş Perlit (A) (50 mikron)		Genleştirilmiş Perlit(B) (75 mikron)		Genleştirilmiş Perlit (C) (100 mikron)	
SHA	Herhangi bir takviye yapılmamış sentetik hidroksiapatit, kontrol numunesi				
A1	SHA+%1 Perlit	B1	SHA+%1 Perlit	C1	SHA+%1 Perlit
A2	SHA+%3 Perlit	B2	SHA+%3 Perlit	C2	SHA+%3 Perlit
A3	SHA+%5 Perlit	B3	SHA+%5 Perlit	C3	SHA+%5 Perlit
A4	SHA+%7 Perlit	B4	SHA+%7 Perlit	C4	SHA+%7 Perlit

A5	SHA+%10 Perlit	B5	SHA+%10 Perlit	C5	SHA+%10 Perlit
DHA	Herhangi bir takviye yapılmamış doğal hidroksiapatit, kontrol numunesi				
AD1	DHA +%1 Perlit	BD1	DHA +%1 Perlit	CD1	DHA +%1 Perlit
AD2	DHA +%3 Perlit	BD2	DHA +%3 Perlit	CD2	DHA +%3 Perlit
AD3	DHA +%5 Perlit	BD3	DHA +%5 Perlit	CD3	DHA +%5 Perlit
AD4	DHA +%7 Perlit	BD4	DHA +%7 Perlit	CD4	DHA +%7 Perlit
AD5	DHA +%10 Perlit	BD5	DHA +%10 Perlit	CD5	DHA +%10 Perlit

Elde edilen biyokompozitler, her numune 30 dakika olmak üzere elektronik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi uygulanan numuneler hidrolik pres yardımıyla, 25 MPa presleme basıncı ile 11mm çapta kalıp kullanılarak numuneler üretilmiştir. Bu işlem, her seferinde kalıplar çinko-sterat ile yağlanarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler 900 °C sıcaklıkta 5 °C/dk sinterlenme hızı ile 1 saat boyunca sinterlenmiştir.

Elde edilen numunelerin yoğunluk değerleri, numunelerin geometrik verilerinden yola

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere sentetik hidroksiapatit (SHA) ve koyun kemiğinden sentezlenen doğal hidroksiapatit (DHA) matris olarak kullanılmıştır. Her iki matrise de genişletilmiş perlit, ağırlıkça % 1,

çıkılarak hesaplanmıştır. Vickers mikro-sertlik TRONIC test cihazı kullanılarak mikro-sertlik değerleri 0,49 N ‘luk yük 15 saniye boyunca uygulanarak alınmıştır.

Numunelerin yüzeyleri DENTON VACUUM-DESK V kullanılarak altın ile kaplanmıştır. Altın kaplanan numunelerin analizleri için XRD cihazı kullanılmıştır. Daha sonra numunelerin içyapıları ZEISS marka EVA/MA10 model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenmiş ve her numunenin EDX analizleri alınmıştır.

Deney Sonuçları ve Tartışma

3, 5, 7, 10 oranlarında ve tane boyutu 50, 75, 100 mikron olmak üzere ilave edilmiştir. Elde edilen biyoseramik kompozitlere ait mikrosertlik grafiği Şekil 2. ‘de gösterilmiştir.

Şekil 2. Sırasıyla 50, 75 ve 100 µ tane boyutunda GP takviyeli bioseramik kompozitlere ait mikrosertlik grafiği.

Mikrosertlik grafikleri incelendiğinde, kontrol numunesi olarak hazırlanan saf koyun hidroksiapatitin mikrosertliği (201,1HV), saf sentetik hidroksiapatitin mikro-sertliğinden (160,4HV) daha fazladır. Ayrıca ilave edilen genleştirilmiş perlitin hem tane boyutu hem de ağırlıkça oranı arttırıldığında, koyun hidroksiapatit matrisli kompozitlerin mikro-sertliği (201,1-289,4 HV aralığında), sentetik hidroksiapatitli matrisli kompozitlere (160,4-258,3 HV aralığında) kıyasla daha fazla artış gerçekleşmiştir.

Salman ve arkadaşları, sığır kemiğinden ürettikleri doğal hidroksiapatite, ağırlıkça % 5, 10 oranlarda ticari inert cam ilave ederek kompozitler üretmişlerdir. Hidroksiapatitin mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla kimyasal bileşeni zengin olan ticari inert cam seçmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda, ilave edilen cam türü ve bileşenin önemine vurgu yapmışlardır. Ayrıca ağırlıkça % 10 inert cam

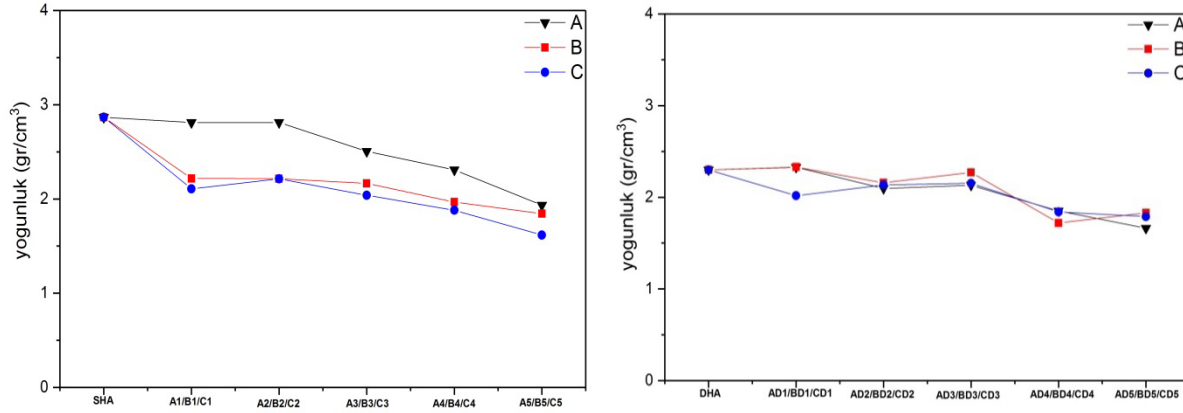
kullandıkları kompozitlerde, mikro-sertlik ve basma dayanımında daha iyi sonuçlar almışlardır. Vücut sisteminde yük taşıma amacı için ticari inert camın bir potansiyeli olduğunu önermişlerdir [13]. Ticari inert cam takviyesi ile yapılan benzer çalışmalarda da hemen hemen aynı sonuçlar gözlenmiştir [14, 8-10].

Yapılan diğer bir çalışmada Oktar ve arkadaşları, doğal olarak ürettikleri sığır hidroksiapatite ağırlıkça % 5, 10 oranlarında SiO₂, Al₂O₃, MgO ve ZrO₂ ilave ederek kompozitler elde etmişlerdir. Sinterlenme davranışını gözlemlemek için 1000-1300 °C aralıklarında sinterleme sıcaklıkları uygulanmıştır. Uygulanan sinterlenme sıcaklığı arttırıldıkça sırasıyla SiO₂, Al₂O₃, MgO ilaveli numunelerde mikro-sertlik, 111 HV ‘den 224 HV ‘ye, 159 HV ‘den 450 HV ‘ye, 55 HV ‘den 305 HV ‘ye artış gerçekleştiği gözlenmiştir [15]. Yapmış olduğumuz çalışmada kullanmış olduğumuz genleştirilmiş perlitin kimyasal bileşeni göz önüne alındığında; ticari inert cam, biyoaktif cam, poroz cam gibi biyoseramikler ile benzerlik göstermektedir. Genleştirilmiş perlit ile ticari inert camın kimyasal bileşenleri Tablo 3 ‘de gösterilmiştir. Genleştirilmiş perlitin kimyasal içeriğinde yüksek miktarda bulunan özellikler % 74,5 SiO₂, % 14,33 Al₂O₃ ve belli oranlarda

bulunan CaO, Fe₂O₃, MgO, K₂O, TiO₂, Koyun hidroksiapatite ve sentetik Na₂O₃ gibi bileşenlerin, mikro-sertliği hidroksiapatite genişletilmiş perlit ilave edilen arttırdığı ve mekanik özellikleri iyileştirdiği kompozitlere ait yoğunluk değişimi Şekil 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Genleştirilmiş perlit ile ticari inert camın kimyasal bileşenleri.

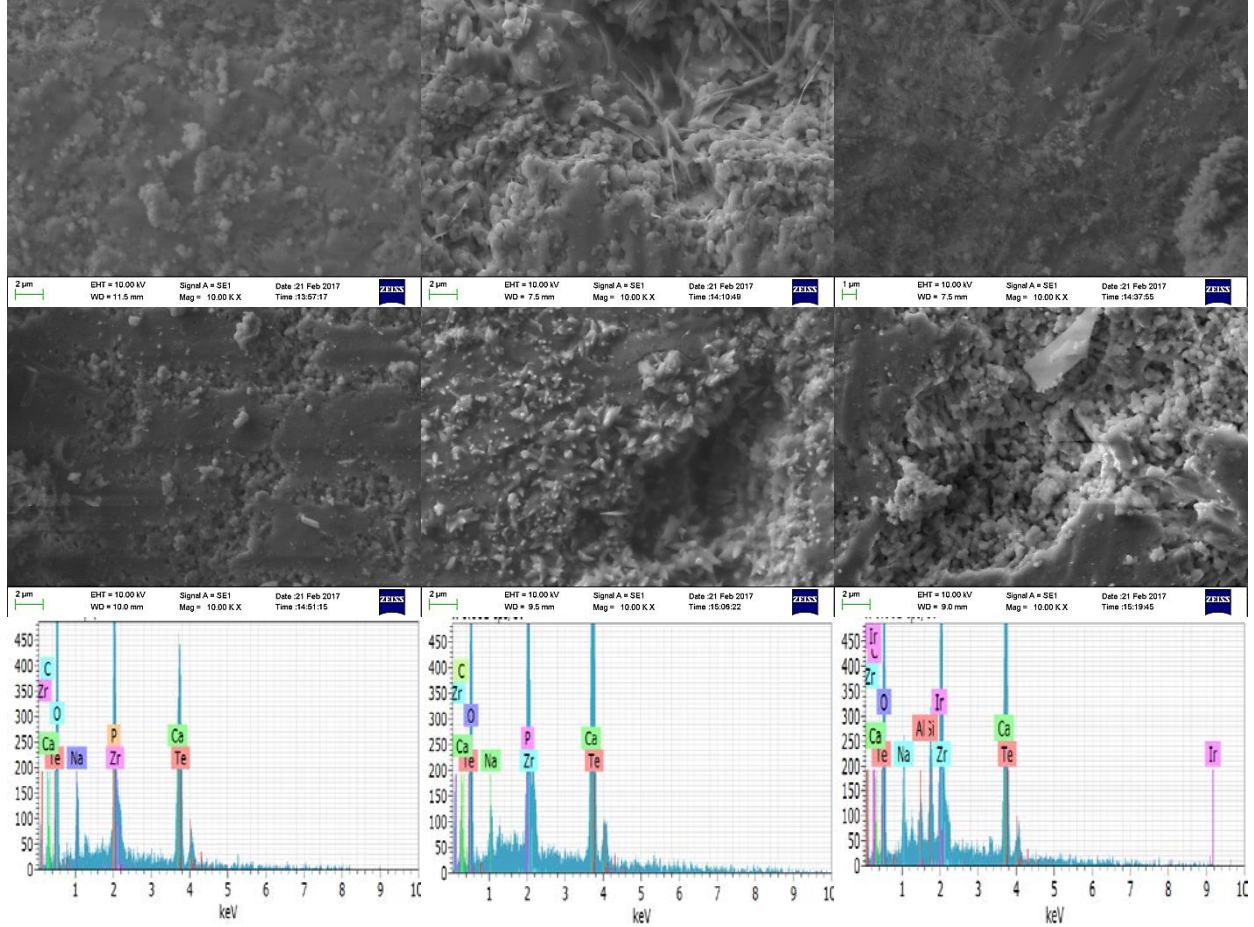
	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	Na ₂ O (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	CuO (%)
Ticari İnert Cam	68,8	2,15	9,25	0,084	1,77	0,017	17,02	0,012	0,0036
	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	Na ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	Eser Miktarda Diğer Bileşenler
Gen. Perlit	74,5	14,33	0,5	0,97	0,28	0,03	3,7	4,45	



Şekil 3. Sırasıyla genleştirilmiş perlit takviyeli sentetik HA ve koyun HA bioseramik kompozitlere ait yoğunluk grafikleri.

Biyomalzemenin sert doku değişimi veya doku ile protezlerin birleştirilmesinde kullanılması, biyomalzemenin üretim yönteminde ki farklılıklara neden olur. Kemik doku, sert doku yer değişimlerinde, çevredeki dokuların implant malzemeye nüfuzu ve tutturulması için belirli oranlarda gözenekli olması istense de, asıl aranan en önemli özellik mukavemettir. Fakat protezin mukavemetinin, çevre kemik

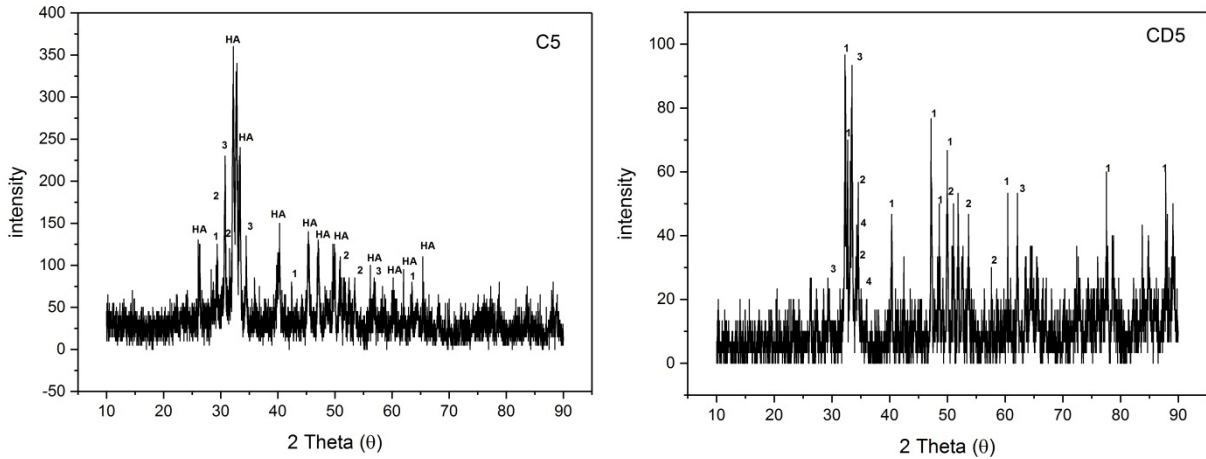
dokusunun mukavemetinden çok fazla olması, gerilme yığılması denilen probleme neden olur. Genleştirilmiş perlitin tane boyutu arttırıldığında gözeneklilik kısmen azalmış olsa da yüzey pürüzlülüğü ve mikro-sertlik artmıştır.



Şekil 5. DHA matrise 50 mikron GP kullanılan A1, A3, A5 ve 100 mikron GP kullanılan C1, C3, C5 numunelerine ait SEM görüntüleri ve EDX analizleri.

Ayrıca EDX analizinde de çok yoğun bir bileşen yapı görülmektedir. Çünkü geliştirilmiş perlit yapısında; özellikle yüksek miktarda SiO_2 , Al_2O_3 ‘ün yanı sıra K_2O , MgO , CaO , Fe_2O_3 ve eser miktarda Na_2O , CaF_2 , P_2O_5 ve B_2O_3 içeren zengin bir volkanik madendir. Genleştirilmiş perlitin tane boyutu arttırıldıkça EDX analizinde ki bileşen sayısının arttığı gözlenmektedir. Özellikle Si, Al gibi yapıların mikro-sertliği arttırdığı düşünülmektedir.

Greft olarak kullanılacak malzemenin gözenekliliği, kemik dokunun kortikal (yoğun) ya da trabekular (gözenekli) olmasına bağlı olarak önemli bir faktör olmaktadır. Ayrıca biyoaktiflik ve biyobozunurluk, kemik implantının gözenekli olması açısından etkileyen diğer bir faktördür [18]. Yapılan literatür çalışmaları, yapay kemik implantı içerisinde vaskular dolaşımın oluşması ve hücre hareketleri için en az $100\ \mu\text{m}$ ’lik geçirgen gözeneklere sahip olunması gerektiğini göstermiştir. Ayrıca $1\ \mu\text{m}$ ’den küçük gözeneklerin ise protein etkileşimine katkı sunarak, kemik implantın biyoaktifliğini belirlemekte etkin olduğu gösterilmiştir [19, 20]. Mikroyapı incelendiğinde irili ufaklı gözenekli ve porozlu yapılar gözlenmektedir. Bu tür yapıların protein sentezine katkı yapacağı düşünülmektedir. Ayrıca elde edilen yoğun yapı, mikro-sertlik değerlerinde ki artış göz önüne alındığında kemik dokunun kortikal bölgelerinde kullanımına imkân vereceği düşünülmektedir. Şekil 6 ‘da her iki matriste de en yüksek mikro-sertlik değerinin gözlemlendiği C5 ve CD5 numunelerine ait XRD grafiği gösterilmiştir.



Şekil 6. Her iki matriste de en yüksek mikro-sertlik değerinin gözlemlendiği C5 (1; Ca_3SiO_5 2; Ca_2SiO_4 3; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) ve CD5 (1; Ca_2SiO_4 2; $\text{AlFe}_2\text{Na}_2(\text{PO}_4)_3$ 3; CaSi_2O_5 4; $\text{Na}_3\text{Fe}(\text{PO}_4)_2$) numunelerine ait XRD grafiği.

Şekil 6 ‘da C5 numunesine ait XRD analizinde; HA ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), Ca_3SiO_5 ve Ca_2SiO_4 gibi kalsiyum silikat yapılar, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ kalsiyum fosfat, $\text{Na}_2\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_2\text{SiO}_4$ sodyum kalsiyum fosfat silikat, $\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_6$ sodyum hidrojen fosfat gibi yapılar gözlenmiştir. Ayrıca Şekil 6 ‘da ki CD5 numunesinin XRD analizinde; SiO_2 , Ca_2SiO_4 ve CaSi_2O_5

kalsiyum silikatları, $\text{Ca}_7\text{Si}_2\text{P}_2\text{O}_{16}$ kalsiyum silikat fosfat, $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ kalsiyum alüminyum oksit, $\text{AlFe}_2\text{Na}_2(\text{PO}_4)_3$ ve $\text{Na}_3\text{Fe}(\text{PO}_4)_2$ gibi Alüminyum demir sodyum fosfat fazları gözlenmiştir.

Kalsiyum fosfat seramikler, kalsiyum ve fosfat atomlarının çoklu oksit formlarında olan yapılardan oluşur. Bu tür kalsiyum fosfat yapılar, doğada ve canlı sistemlerde sıklıkla bulunabilir, ayrıca bazı belli bileşiklerde yapay olarak laboratuvarlarda sentezlenebilmektedir. Şekil 6 'da da görüldüğü gibi kalsiyum fosfat ve farklı kalsiyum fosfatlı oksit yapılar gözlenmektedir. Si ve Na yapıları bileşenlerin, genişletilmiş perlit ilavesinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir.

Kalsiyum fosfat bileşikler, etkileşimde oldukları canlı doku ile kimyasal bağ oluşturma kapasiteleri (biyoaktiflik özelliği) sayesinde sert doku uygulamalarında oldukça ilgi çekmektedirler [21]. XRD analizinde gözlemlenen $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ kalsiyum fosfat bileşiğinin mikro-sertlik değerinde ki artışa neden olduğu düşünülmektedir. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ kalsiyum fosfat, diğer bir adıyla Whitlockite cerrahi ve kaplama malzemesi olarak kullanılan ana CaP bileşenlerinden biri olup, Ca/P oranı 1,5 'dir. [21].

Sprio ile arkadaşları, ikincil faz olarak biyoaktif özellik taşıyan dikalsiyum silikat (Ca_2SiO_4 , C_2S) ile hidroksiapatit kullanarak, biyoaktif seramik kompozit elde etmeyi amaçlamışlardır. HA 'in eğme mukavemetine kıyasla kompozit malzemenin eğme mukavemetinin daha fazla olduğunu gözlemişlerdir. Ayrıca elastik özellikler ve kırılma tokluğu, farklı parametrelerde sinterlenen hidroksiapatit ve kompozitlere uygulanmıştır. Elde ettikleri sonuçlarda mineral kemiğine yakın özelliklerde olduğunu gözlemişlerdir. Sonuç olarak, hidroksiapatit ve Ca_2SiO_4 kompozitlerin biyoaktif yük taşıyan seramik kemik protezlerin geliştirilmesinde, gelecek vaat ettiğini belirtmişlerdir [22]. Bu göstergeler ışığında genişletilmiş perlitin, ticari inert cam, biyoaktif cam, poroz cam gibi biyoseramik malzemelere alternatif olabilmesi açısından geliştirilmesi gereken bir alan olduğu ve umut vaat ettiği düşünülmektedir.

Genel Sonuçlar

Genleştirilmiş perlit takviyesinin her iki matriste de hem ağırlıkça yüzde oranı olarak hem de tane boyutunun artırılması ile mikro-sertlik değerinde artış gerçekleştiği gözlenmiştir.

Yoğunluk değerleri takviye miktarının artması ile kısmen azalmıştır.

Mikro yapı görüntülerinde yoğun ve pürüzlü bir yapının yanı sıra küçük gözenekli yapılar gözlenmiştir.

Xrd analizlerinde biyomalzemelerde biyoaktiflik özelliği ve mekanik özellikleri açısından önem arz eden fazlar gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Xiao F., Ye J., Wang Y. ve Rao P., (2005). Deagglomeration of HA during the precipitation synthesis, *Journal of Materials Science*, 40(20):5439-5442.
- [2] Lin D.-Y. ve Wang X.-X. (2011). A novel method to synthesize hydroxyapatite coating with hierarchical structure. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 82(2):637-640.
- [3] Weiner S. ve Wagner H.D., (1998). The material bone: structure-mechanical function relations, *Annu. Rev. Mater. Sci.*, 28:271–298.
- [4] Raynaud, S., Champion, E., Bernache-Assollant, D., (2002) Calcium phosphate apatites with variable Ca/P atomic ratio II. Calcination and sintering, *Biomaterials*, 23, 1073–1080.
- [5] Gutowska, I., Machoy, Z., Machalinski, B., (2005), The role of bivalent metals in hydroxyapatite structures as revealed by molecular modeling with the Hyper-Chem software, *J, Biomed, Mater, Res, Part A* 75, (4), 788-793.
- [6] Sakka, S., Ayed, F.B., Bouaziz, J., (2013), *Mechanical Properties of Biomaterials Based on Calcium Phosphates and Bioinert Oxides for Applications in Biomedicine*, INTECH Open Access Publisher.
- [7] Ozden, I., Ipekoglu, M., Mahmutyazicioglu, N., Altintas, S., (2012) Effect of Al₂O₃, ZrO₂, and TiO₂ Addition on the Mechanical Properties and the Microstructure of Natural Hydroxyapatite Obtained from Calf Femoral Bone, *Key Engineering Materials Vols.* 493-494 (2012) pp 199-204.
- [8] Gündüz, O., Ahmaz, Z., Ekren, N., Agathopoulos, S., Salman, S., Oktar, F.N., (2009) Reinforcing of biologically derived apatite with commercial inert glass, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 22, 407-419.
- [9] Demirkol, N., Oktar, F. N., Kayali, E, S., (2013) Influence of commercial inert glass addition on the mechanical properties of commercial synthetic hydroxyapatite, *Acta Physica Polonica A*, 123, 427-429.
- [10] Salman, S., Oktar, F. N., Gündüz, O., Agathopoulos, S., Öveçoğlu, M. L., Kayalı, E, S., (2007) Sintering effect on mechanical properties of composites made of bovine hydroxyapatite (BHA) and commercial inert glass (CIG), *Key Engineering Materials*, 330-332, 189-192.
- [11] Çetiner, B. N., Erkmen, Z. E., (2012) Production and characterization of bioglass titania reinforced hydroxyapatite composite. *Key Engineering Materials*, 493-494, 566-571.
- [12] Silva, M. H. P., Lemos, A. F., Ferreira, J. M. F., Santos, J. D., (2013) Mechanical

characterisation of porous glass reinforced hydroxyapatite ceramics-Bonelike®. *Materials Research*, 6, 3, 321-325.

[13] Genç, Y., Oktar, F, N., Erkmen, E, Z., Göller, G., Toykan, D., and Haybat, H., (2004), Sintering Effect on Mechanical Properties of Enamel Derived and Synthetic Hydroxyapatite-Zirconia Composites, *Key Engineering Materials*, 264-268, 1961-1964.

[14] Göller, G., Oktar, F.N., Demirkıran, H., Demirkesen, E., (2003), Sintering Effects on Mechanical Properties of Bioglass Reinforced Hydroxyapatite Composites, *Key Engineering Materials*, 240-242, 939-942.

[15] Oktar, F, N., Agathopoulos, S., Özyeğin, L, S., Gündüz, O., Demirkol, N., Bozkurt, Y., Salman, S., (2007), Mechanical Properties of Bovine Hydroxyapatite (BHA) Composites Doped with SiO₂, MgO, Al₂O₃ and ZrO₂, *J Mater Sci: Mater Med*, 18, 2137-2143.

[16] Murugan R. ve Ramakrishna S., (2005). Development of nanocomposites for bone grafting, *Composite Science and Technology*, 65(15-16):2385-2406.

[17] Büyüksağış, A., (2010), The Coating of Hydroxyapatite (HAP) on 316L Stainless Steel and Ti6Al4V Alloy use by Sol-Gel Method, *Electronic Journal of Machine Technologies Vol: 7*, No: 1, 1-11.

[18] Liu,D.M., (1997), Fabrication of Hydroxiapatite Ceramic with Controlled Porosity, *Journal of Material Science, Material in Medicine*, Vol 10, pages 227-232.

[19] Gauthier, O., Bouler, J.M., Aguado, E., Pilet, P., and Daculsi, G., (1998), Macroporous biphasic calcium phosphate ceramics: influence of macropore diameter and macroporosity percentage on bone ingrowth. *Biomaterials*, Vol.19, Issues 1-3, Pages 133-139.

[20] Klawitter, J.J., and Hulbert, S.F., (1971), Application of Porous Ceramics fot the Attachment of Load Bearing Orthopaedic Applications, *J.Biomed. Mater.Res. Symp.*2, pages 161-229.

[21] Dorozhkin, S.V. (2009). Calcium orthophosphates in Nature, Biology and Medicine, *Materials*, 2, 399-498.

[22] Sprio, S., Tampieri, A., Celotti, G., and Landi, E. (2009). Development of Hydroxyapatite/Calcium Silicate Composites Addressed to the Design of Load-Bearing Bone Scaffolds. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 2, 147-155.

HİBRİT BİOSERAMİK KOMPOZİTLERİN KARAKTERİZASYONU

Erdoğan KARİP¹, Mehtap MURATOĞLU¹

¹Fırat Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Elazığ/TÜRKİYE

ÖZET

Biyomalzeme bilimi günümüzde büyük ve önemli adımların atıldığı bilim dallarından biridir. Doğal kemik içeriğinde yaklaşık ağırlıkça % 60-70 oranlarında hidroksiapatit (HA) bulunmaktadır. Bu nedenle biyomalzeme kullanımında HA seramikler revaçtadır. HA 'in biyoaktiflik özelliği yüksek olmasına rağmen mekanik gücünün az olmasından dolayı biyoinert malzemeler olan alümina, zirkonya, titanyum oksit ve biyocam gibi takviyelerle biyoseramik kompozitler elde edilmektedir. Bu çalışmada, HA matris kimyasal içeriği biyocam ile benzerlik gösteren genleştirilmiş perlit ile biyoinert malzeme olan ZrO₂, TiO₂, MgO ve P₂O₅ takviye edilerek 2 farklı grupta hibrit biyoseramik kompozitler elde edilmiştir. Bioseramik kompozitler mekanik karıştırıcı ile karıştırılmış, hidrolik pres ile 25 MPa basınç altında preslenmiş ve 900 °C 'de 1 saat sinterlenmiştir. Biyoseramik kompozitlerin karakterizasyon özelliklerinin tayini için mikro-sertlik, yoğunluk, X-ray diffraction (XRD), scanning electron microcopy (SEM) ve energy dispersive spectroscopy (EDS) analizleri yapılmıştır. Deneysel sonuçlarda; genleştirilmiş perlitin takviye oranının artması ile mikro-sertlik değerleri artmıştır. Ayrıca ZrO₂ takviyeli numunelerin mikro-sertlik değerlerinde ki artış TiO₂ takviyeli numunelere kıyasla daha fazla gerçekleşmiştir. XRD analizinde kalsiyum silikat, kalsiyum fosfatlı yapılar gözlenmiştir. TiO₂ takviyeli numunelerde mikro gözenekler gözlenirken ZrO₂ takviyeli numunelerde daha yoğun yapılar gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidroksiapatit, genleştirilmiş perlit, ZrO₂, TiO₂, MgO, P₂O₅.

Giriş

İnsan vücudundaki canlı dokuların görevlerini yerine getirmek ya da dokuları desteklemek için kullanılan doğal ya da sentetik malzemelere "biyomalzeme" denir [1]. Disiplinler arası olan biyomalzeme biliminin, diğer bilimlerle olan ilişkisi Şekil 1. 'de ifade edilmiştir.



Şekil 1. Diğer bilim dalları ile biyomalzeme biliminin ilişkisi.

Bazı durumlarda elde edilen biyomalzemeler hem mekanik hem de vücut dokularına adapte olmada doğal doku veya

organ özellikleri sergileyemezler. Bu konuda yapılan araştırmalarda doğal kemik içeriğinin yaklaşık ağırlıkça % 60-70 oranlarında hidroksiapatit (HA) içerdiği gözlenmiştir [2, 3]. Biyolojik apatit sert dokunun mineral fazını oluşturmaktadır. Hidroksiapatit, florapatit, klorapatit gibi fosfat minerallerinden oluşan apatit ailesi genel olarak sırasıyla OH^- , F^- , ve Cl^- iyonlarını içerir. Bu üç gruptan biri olan hidroksiapatit, klinik uygulamalarda implant malzemesi olarak çokça tercih edilmektedir [4, 5]. Termodinamik stabiliteye sahip olmaları sayesinde bulundukları bölgede herhangi bir kimyasalla reaksiyon vermeyen biyoinert malzemeler vücutta hiçbir tepkime gerçekleştirmemektedir [6].

Biyoinert malzemeler implant olarak kullanılan ilk malzemelerdir. Alümina, zirkonya ve titanyum oksit biyoinert malzemelere örnek gösterilebilir. Bu tür malzemeler bulundukları bölgelerdeki vücut hücreleri ile bağ yapmasa da çok daha güçlü olabilirler. Bu nedenle de biyolojik sistemin maruz kaldığı yüklerin mekaniksel olarak iletilmesi gerekir [6, 7]. Biyoaktif malzemeler; cerabone (biyoaktif cam seramikler), A-W cam seramik, biyocamlar, yoğun yapıda olan HA (durapatite, calcitite), işlenebilir cam seramikler, biyoaktif kompozitler (polietilen ile HA kompozitler, HAPLEX) olacak şekilde örneklendirilebilir [6, 7]. Hidroksiapatitin biyoaktiflik özelliği

yüksek olmasına rağmen bazı tıbbi uygulamalarda kullanımı sınırlı ve yetersiz kalabilmektedir. Bunun sebebi ise mekanik gücünün az olmasıdır. Bu nedenle HA; biyoinert malzemeler olan Al_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2 , MgO ve biyocam gibi takviyelerle biyoseramik kompozitler elde edilmektedir [8-10].

Bu çalışmada HA matris olarak kullanılmıştır. I. Grup numunelere; ağırlıkça % 1, 5, 10 oranlarında ve 50, 75, 100 mikron tane boyutunda genişletilmiş perlit (GP) ile ağırlıkça %5 $\text{TiO}_2\text{-MgO-P}_2\text{O}_5$ takviye edilerek hibrit biyoseramik kompozitler elde edilmiştir. II. Grup numunelere; ağırlıkça % 1, 5, 10 oranlarında ve üç farklı tane boyutunda (50, 75, 100 mikron) GP ile ağırlıkça %5 $\text{ZrO}_2\text{-MgO-P}_2\text{O}_5$ takviye edilerek hibrit biyoseramik kompozitler elde edilmiştir. Hibrit biyoseramik kompozitlerin karakterizasyon özelliklerinin tayini için mikro-sertlik, yoğunluk, XRD, SEM ve EDS analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak; GP ‘nin hem tane boyutu hem de ağırlıkça yüzde oranının artırılması ile mikro-sertlik artmıştır. I. Grup numunelerin mikro-sertlik değerinde ki artış daha fazla gerçekleşmiştir. II. Grup numunelerde mikro gözenekler gözlenirken, I. Grup numunelerde daha yoğun yapılar gözlenmiştir.

Malzeme ve Yöntem

Deneyde kullanılan ticari sentetik hidroksiapatit (HA), genişletilmiş perlit, ZrO_2 , TiO_2 ve MgO , Nanografi Nano Teknoloji Bilişim İmalat ve Danışmanlık Ltd. şirketinden (Ankara) temin edilmiştir. ZrO_2 , TiO_2 ve MgO toz bileşenleri % 98 saflıkta ve 80 mikron boyutundadır. Ayrıca deneylerde kullanılan diğer bir bileşen olan P_2O_5 ise Fırat Üniversitesi Kimya bölümünden temin edilmiştir. Genleştirilmiş Perlite ait kimyasal bileşimler Tablo 1. 'de gösterilmiştir.

Hibrit biyoseramik kompozitlerin hazırlanmasında HA matris olarak kullanılmıştır. I. Grupta; HA matris içerisine genişletilmiş perlit ağırlıkça % 1, 5, 10 oranlarında ilave edilmiştir. Ayrıca

genleştirilmiş perlit, tane boyutunun etkisini kıyaslanması için 50, 75 ve 100 mikron olmak üzere üç boyutta seçilmiştir. Bunun yanı sıra, mekanik ve fiziksel özelliklerin artırılması amacıyla ağırlıkça % 5 oranında TiO_2 , fiziksel özelliklerin yanı sıra kemiksi yapı kazandırmak ve vücut uyumluluğunu arttırabilmek amacı ile ağırlıkça % 5 MgO ile bir butanol çözeltisi olan P_2O_5 ağırlıkça % 5 oranında ilave edilerek hibrit biyoseramik kompozitler elde edilmiştir. II. Grupta; aynı oranlarda genişletilmiş perlit HA matrise ilave edilmiştir. Ayrıca aynı amaçlarla ağırlıkça % 5 ZrO_2 - MgO - P_2O_5 ilave edilerek hibrit biyoseramik kompozitler elde edilmiştir. Kullanılan takviyeler ile hazırlanmış numuneler ve numune kodları Tablo 2. 'de verilmiştir.

Tablo 1. Genleştirilmiş Perlite (GP) ait kimyasal bileşenler.

	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	MgO	CaO	Fe_2O_3	Na_2O_3	TiO_2	MnO_2	SO_3	FeO	Cr	PbO
GP	%74,5	%14,33	%4,95	%0,28	%0,5	%0,97	%2,7	%0,9	%0,06	%0,03	Eser	Eser	Eser
											Miktar	Miktar	Miktar

Tablo 2. Kullanılan matris ve takviyelere göre hazırlanmış numuneler ve kodları.

Genleştirilmiş Perlit (A) (50 mikron)	Genleştirilmiş Perlit(B) (75 mikron)	Genleştirilmiş Perlit (C) (100 mikron)
HAT	HA + T (%5 TiO_2-P_2O_5 -MgO) / I. Grup	
AT1	HA+T+%1 Perlit	BT1 HA+T+%1 Perlit
AT2	HA+T+%5 Perlit	BT2 HA+T+%5 Perlit
AT3	HA+T+%10Perlit	BT3 HA+T+%10Perlit
HAZ	HA + Z (%5 ZrO_2 -P_2O_5 -MgO) / II. Grup	
AZ1	HA+Z+%1 Perlit	BZ1 HA+Z+%1 Perlit
AZ2	HA+Z+%5 Perlit	BZ2 HA+Z+%5 Perlit
AZ3	HA+Z+%10Perlit	BZ3 HA+Z+%10 Perlit
		CT1 HA+T+%1 Perlit
		CT2 HA+T+%5 Perlit
		CT3 HA+T+%10Perlit
		CZ1 HA+Z+%1 Perlit
		CZ2 HA+Z+%5 Perlit
		CZ3 HA+Z+%10 Perlit

Elde edilen hibrit biyoseramik kompozitler, her numune 30 dakika olmak üzere

elektronik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Daha sonra hidrolik pres yardımıyla, 25 MPa

presleme basıncı ile 11mm çapta kalıp kullanılarak numuneler üretilmiştir. Bu işlem, her seferinde kalıplar çinko-sterat ile yağlanılarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler 900 °C sıcaklıkta 5 °C/dk sinterlenme hızı ile 1 saat boyunca sinterlenmiştir.

Elde edilen numunelerin yoğunluk değerleri, numunelerin geometrik verilerinden yola çıkılarak hesaplanmıştır. Vickers mikro-sertlik TRONIC test cihazı kullanılarak mikro-sertlik değerleri 0,49 N 'luk yük 15 saniye boyunca uygulanarak alınmıştır. Numunelerin yüzeyleri DENTON VACUUM-DESK V kullanılarak altın ile kaplanmıştır. Altın kaplanan numunelerin analizleri için XRD cihazı kullanılmıştır. Daha sonra numunelerin içyapıları ZEISS marka EVA/ MA10 model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenmiş ve her numunenin EDS analizleri alınmıştır.

Deney Sonuçları ve Tartışma

Deneyisel çalışmalarda hazırlanan I. Grup numunelere ait mikro-sertlik grafiği Şekil 2. 'de gösterilmiştir.

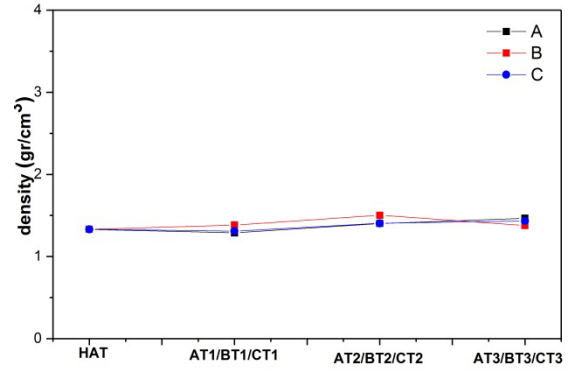
Şekil 2. I. Grup hibrit biyoseramik kompozitlere ait mikro-sertlik grafiği.

Kontrol numunesi olarak hazırlanmış olduğumuz HAT 'ın mikro-sertlik değeri 182,9 HV olarak tespit edilmiştir. Hidroksiapatite, ağırlıkça %5 TiO₂-MgO-P₂O₅ ve ağırlıkça % 1, 5, 10 oranlarında GP ilave edilen tüm kompozitlerde, takviye oranı arttıkça mikro-sertliğin arttığı gözlenmiştir (Şekil 2). Ayrıca ilave edilen genleştirilmiş perlitin tane boyutu arttırıldıkça, mikro-sertliğinde arttığı gözlenmiştir (Şekil 2). En yüksek mikro-sertlik değeri CT3 numunesinde 270,5 HV olarak tespit edilmiştir. Şekil 3. 'de II. Grup numunelere ait mikro-sertlik grafiği gösterilmiştir.

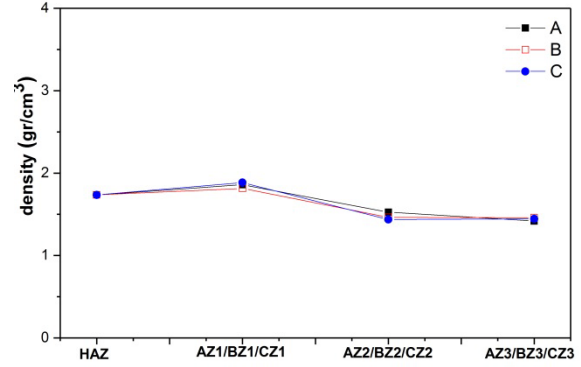
Şekil 3. II. Grup hibrit biyoseramik kompozitlere ait mikro-sertlik grafiği.

Yapmış olduğumuz çalışmanın II. kısmında, hidroksiapatite ağırlıkça % 5 ZrO_2 - MgO - P_2O_5 ilave edilmiştir. Şekil 3 'de görüldüğü gibi ana takviye olarak ağırlıkça % 1, 5, 10 oranlarında GP ilave edildiğinde, mikro-sertlik değerleri doğrusal olarak artmıştır. İlave edilen GP 'nin, tane boyutu arttıkça mikro-sertlik değerlerinde artış gerçekleştiği gözlenmiştir. Kontrol numunesi olarak hazırlanan HAZ 'nin mikro-sertliği 202,5 HV iken en yüksek mikro-sertlik değeri CZ3 numunesinde 282,3 HV olarak tespit edilmiştir. II. Grup numunelerin mikro-sertlik değerlerinde ki artışın I. Grup numunelerden daha fazla gerçekleştiği gözlenmiştir.

I. Grup numunelere ait yoğunluk değerleri Şekil 4 'de ve II. Grup numunelere ait yoğunluk değerleri Şekil 5 'de verilmiştir.



Şekil 4. I. Grup hibrit biyoseramik kompozitlere ait yoğunluk grafiği.



Şekil 5. II. Grup hibrit biyoseramik kompozitlere ait yoğunluk grafiği.

Şekil 4. 'de I. Grup numunelerin yoğunluk değerlerinin artma eğiliminde olduğu gözlenmiştir. II. Grup numunelerin yoğunluk değerleri 50 mikron GP kullanılan numunelerde artmış, daha sonra kısmen azaldığı Şekil 5. 'de gözlenmektedir.

Hidroksiapatit biyoyumluluğu ve biyoaktifliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmasına rağmen, mekanik özellikleri düşüktür. Bu nedenle bir takım tekniklerin kullanımı yaygındır. Hidroksiapatite; TiO_2 , ZrO_2 , Al_2O_3 gibi biyoinert takviye elemanları ilave edilerek kompozit oluşturmak en yaygın olarak kullanılan tekniklerdendir [11].

Yapılan çalışmalarda, hidroksiapatit

ailesinden olan β -tri kalsiyum fosfat (β -TCP) yapısına MgO, P_2O_5 , Na₂O ilave edilerek kompozitler elde edilmiştir. Presleme yöntemi kullanılan bu çalışmada 1250 °C 'de sinterleme yapılmıştır. Sonuç olarak MgO, P_2O_5 , Na₂O ilavesinin yoğunluk ve mekanik özellikleri iyileştirdiği gözlenmiştir [12]. Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda, sahip olduğu bileşenlerden dolayı ticari inert cam (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO, Fe_2O_3 , MgO, TiO_2 , Na₂O, Cr_2O_3 , CuO) takviye elamanı olarak kullanılmıştır [13-15]. Kullanmış olduğumuz GP (%70-75 SiO_2 , %12-15 Al_2O_3 ve farklı oranlarda CaO, MgO, Fe_2O_3 , K₂O, Na₂O, CaF_2 , P_2O_5 .) ve buna ilaveten %5 TiO_2 , MgO, P_2O_5 takviyesi ile elde edilen hidroksiapatit kompozitlerin mikro-sertlikleri artmıştır. Ayrıca diğer mekanik özelliklerinde iyileştiği düşünülmektedir. Genleştirilmiş perlit ve %5 TiO_2 , MgO, P_2O_5 takviyesi ile literatürde geçen ticari inert cam yapısından daha iyi bir yapı elde edildiği düşünülmektedir.

Al_2O_3 , ZrO_2 ve TiO_2 en yaygın kullanıma sahip ve en önemli biyoseramiklerdir. ZrO_2 , Al_2O_3 'e alternatif olarak gösterilen, ayrıca biyoinert özellik taşıyan bir biyoseramiktir [6, 16]. ZrO_2 , mekanik özellikleri bakımından metalik malzemelerin çoğu ile benzerlik gösterir. ZrO_2 'in kristal yapısı; 1170 °C sıcaklık altında monoklinik (M), 1170-2370 °C sıcaklık aralığında tetragonal (T) ve 2370 °C ile daha yüksek sıcaklıklarda

kübik (C) olmak üzere üç farklı faz yapılarında bulunabilir. Kristal yapısı tetragonal iken, dala küçük taneli ve yarı kararlı (metastabil) olan zirkonya, monoklinik yapıda ise daha büyük taneli ve kararlı yapıya sahiptir. Tetragonal faz yapısında olan ZrO_2 , çok hızlı bir biçimde monoklinik faz yapısına dönüşür. Bu esnada, küçük taneli yapıdan büyük taneli yapıya dönüştüğünden dolayı, hacmin yükselmesine neden olur ve malzemenin yoğunluğunda düşüş gerçekleşir. Bu dönüşüm esnasında hacim artışından dolayı malzemede büyük çatlaklar meydana gelmektedir. ZrO_2 'in sergilemiş olduğu bu davranıştan dolayı, üretim esnasında ki soğuma kademesinde, mekanik özelliklerde azalma gerçekleşmektedir. Bu nedenle de mekanik uygulamalar esnasında işlevsiz olabilmektedir. ZrO_2 'in kristal yapısında çözünebilen MgO, CaO ve Y_2O_3 gibi oksitlerin ilavesiyle, yüksek moleküler kararlılık gösterebilmektedir [17]. ZrO_2 kristalin yapısında çözünebilen MgO, CaO, Y_2O_3 gibi oksitlerin ilavesi ile ZrO_2 'de gözlemlenen ve mekanik özellikler üzerinde negatif etkiye neden olan kristal yapı değişimi hızı azaltılabilir veya elemine edilebilir [18-20]. Bunların yanı sıra ZrO_2 ile α - Al_2O_3 kompozit oluşturularak biyomalzeme elde etmek mümkündür. Bu şekilde oluşturulan kompozitlerin performansları çok daha yüksek değerlere

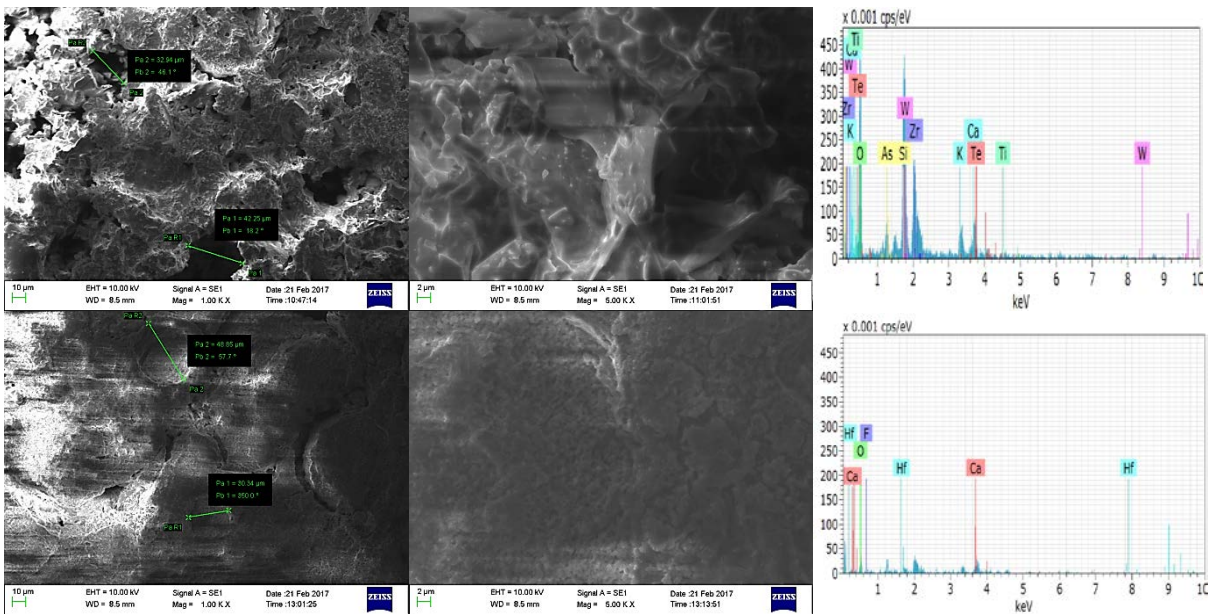
çıkartılabilir, servis ömürleri uzatılabilir ve daha etkin kullanıma sahip biyomalzeme elde edilebilir. Ancak ZrO_2 elde edilirken, son derece saf ham maddeler kullanımı son derece önemlidir [19, 20].

ZrO_2 'in sergilemiş olduğu bu davranışlardan ötürü kullanımı oldukça zordur. Yapmış olduğumuz çalışmada, ağırlıkça % 5 ZrO_2 , MgO, P_2O_5 ilavesi yapılmıştır. Hazırlamış olduğumuz kompozitlerde ağırlıkça %5 MgO kullanılması, ZrO_2 'de gözlemlenen mekanik özelliklerdeki negatif etkiyi elemine ettiği düşünülmektedir.

Kompozitlerin hazırlanmasında ana takviye olarak kullanılmış olan genişletilmiş perlitin kimyasal bileşeninde SiO_2 , Al_2O_3 , MgO, CaO, K_2O ve Fe_2O_3 gibi bileşenler bulunmaktadır. Kompozitler hazırlanırken ilave edilen ağırlıkça % 5 MgO, ayrıca

genleştirilmiş perlitin kimyasal bileşeninde bulunan CaO, MgO gibi oksitler ZrO_2 'in kristal yapısında çözünemekte ve bu ilaveler ile yüksek moleküler kararlılık gösterebilmektedir. Ayrıca genişletilmiş perlitin kimyasal bileşeninde yer alan ve ağırlıkça % 14,33 oranında Al_2O_3 bulunmaktadır. ZrO_2 ile Al_2O_3 kompozit oluşturularak biyomalzeme elde etmek mümkündür. Bu şekilde oluşturulan kompozitlerin performansları çok daha yüksek değerlere çıkartılabilir, servis ömürleri uzatılabilir ve daha etkin kullanıma sahip biyomalzeme elde edilebilir [19, 20]. Bu nedenler ile mikro-sertlik değerlerinde artış gerçekleştiği ve mekanik özelliklerin iyileştiği düşünülmektedir.

Hibrit biyoseramik kompozitlere ait I. Grup mikro yapı görüntüleri Şekil 6. 'da gösterilmiştir.



Şekil 6. I. Grup numunelere ait SEM ve EDS analizleri.

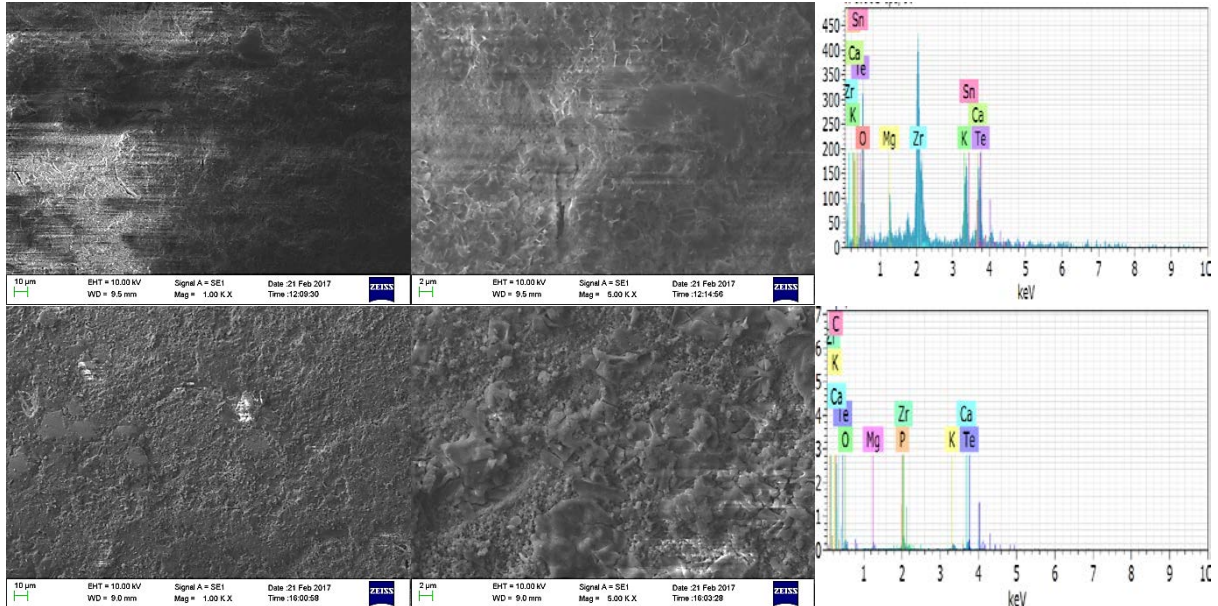
Mikroyapı görüntülerinden de anlaşılabacağı gibi oldukça pürüzlü bir yapı ve homojen

dağılmamış yüzey alanları görülmektedir. Ayrıca genişletilmiş perlit tane boyutu arttıkça daha yoğun yapı gözlenmiştir. Oluşan bu yoğun yapı, genişletilmiş perlitin ağırlıkça yüzde olarak arttırılması ve tane boyutunun arttırılması ile mikro-sertlik değerlerinde artış gerçekleşmesini desteklemektedir. Ağırlıkça % 5 oranında TiO_2 , MgO ve P_2O_5 ilaveleri morfolojik açıdan daha pürüzlü bir yapıya ve EDX analizlerinde daha yoğun bileşenlerin gözlenmesine neden olmuştur. Özellikle AT2 numunesinde gözlenen gözenekli yapılar, açık porlar, porlar arası bağlar ve pürüzlülüğün yoğun olması, kemik üreten hücrelerin tercihli olarak buraları kullanması açısından oldukça önemlidir.

Biyoaktif seramikler; blok, gözenekli ve

granül seklindedir ve kemik dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu malzemelerin mekanik kırılabilirliği ortopedik cerrahi için zayıf noktadır [21]. SEM görüntülerinde de belli olduğu gibi açık gözenekler, yoğun pürüzlü yapı, gözenek arası bağlantılar görülmektedir. Ayrıca TiO_2 ve MgO ilavesi ile mikro-sertlik artışının gözlenmesi, mekanik açıdan önemlidir. Mikro-yapıda gözlenen yüzeyin bu şekilde bir morfoloji sunması, özellikle kemik üreten hücrelerin oluşması açısından, nükleasyonların birikmesine olumlu yönden katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Hibrit biyoseramik kompozitlere ait II. Grup mikro yapı görüntüleri Şekil 7. 'da gösterilmiştir.



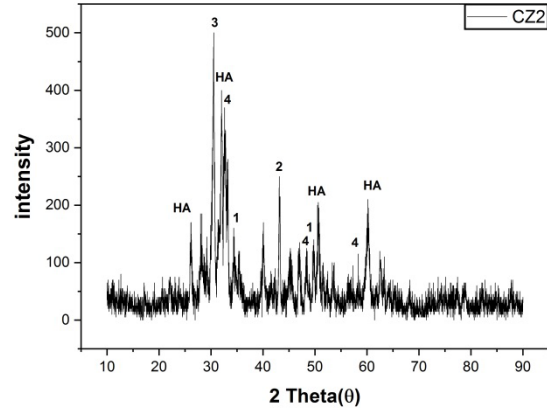
Şekil 7. II. Grup numunelere ait SEM ve EDS analizleri.

(Ti, Zr) oluşmaktadır. Bu nedenle, vücutla uyum sağlamaktadırlar. İnert biyoseramikler, fizyolojik ortamda bulundukları uzun zaman dilimi içerisinde çok az kimyasal değişim gösterirler veya hiç kimyasal değişim göstermezler. Kimyasal veya mekanik bozunma gösterdikleri takdirde, insan vücudunun doğal düzenleyici mekanizmaları tarafından kolayca kontrol edilmektedirler [24]. Şekil 6’ da EDS analizinde Ca, Mg, Na, Si ve Al gibi elementler ve XRD analizinde de Ca, Mg, Na, Si, Al ve P elementlerine sahip fazlar oluşmuştur. Gözlenen bu fazlar literatürde elde edilen yapılar ile büyük benzerlik göstermektedir. Ana takviye olarak kullanılan genleştirilmiş perlit, sahip olduğu kimyasal bileşenlerden ötürü biyoseramik malzeme üretiminde gelecek vaat etmektedir. Mekanik özellikleri arttırmak için ayrıca ilave edilen MgO, TiO₂ ile P₂O₅ ile elde edilen hidroksiapatit kompozitler, gerek gözenekli yapılar gerekse pürüzlü yapılar oluşumunda istenen sonuçları vermiştir. Ayrıca mikro-sertlikte gözlenen artışlar bu çalışmanın geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Şekil 9 ‘da CTZ numunesine ait XRD grafiği gösterilmiştir.

Şekil 9’da CZ2 numunesine ait XRD analizinde; Ca₅(PO₄)₃(OH) hidroksiapatit, Ca₅(PO₄)₂SiO₄ kalsiyum fosfat silikat, Ca₂SiO₄ kalsiyum silikat, CaAl₂SiO₆

kalsiyum alüminyum silikat, Na₂Fe₂Al(PO₄)₃ sodyum demir alüminyum fosfat, Al₃2Fe alüminyum demir gibi fazlar oluştuğu gözlenmiştir. XRD analizinde gözlenen demir içerikli fazların, genleştirilmiş perlitin kimyasal içeriğinde bulunan Fe₂O₃ bileşeninden kaynaklandığı düşünülmektedir. XRD analizinde gözlenen bu fazlar, yoğun yapıda gözlenen mikroyapı ile mikro-sertlikte gözlenen artışı desteklemektedir.



Şekil 9. CZ2 numunesine ait XRD grafiği. (1; Ca₂SiO₄, 2; Al₃2Fe, 3; CaAl₂SiO₆, 4; Ca₅(PO₄)₂SiO₄.)

XRD analizinde; Ca₅(PO₄)₃(OH) hidroksiapatit, Ca₅(PO₄)₂SiO₄ kalsiyum fosfat silikat, Ca₂SiO₄ kalsiyum silikat gibi yapılar gözlenmiştir. Başta hidroksiapatit olmak üzere kalsiyum fosfat ve kalsiyum fosfatlı bileşenler, çevresinde ki dokular ile kimyasal bağ oluşturma özellikleri (biyoaktiflik özelliği) nedeni ile sert doku uygulamalarında oldukça ilgi çekmektedir [25].

Biyoaktiflik özelliğine sahip olduğu için

hidroksiapatit, kimyasal olarak canlı kemiğe bağlanmada mükemmel biyouyumluluğa sahip, ortopedik ve dental uygulamalarda en yaygın kullanılabilen biyoseramik malzemedir [26, 27]. Fakat bu mükemmel özelliklerine rağmen yük binen kemik uygulamalarında kullanımı sınırlıdır. Yapmış olduğumuz çalışmada gözenekliliği arttırabilmek ve mekanik özellikleri arttırmak amacıyla geliştirilmiş perlit, mekanik özellikleri arttırmak için ZrO_2 ve MgO , biyouyumluluğunu arttırabilmek amacıyla P_2O_5 ilavesi ile biyoseramik kompozitler hazırlanmıştır. Elde edilen numunelere ait mikro-setlik, yoğunluk, SEM, EDX ve XRD analizleri ele alındığında, elde edilen kompozitlerin umut vaat ettiği görülmektedir. Ayrıca yapılan çalışmada geliştirilmiş perlitin biyoseramik malzemede kullanılabilirliği ve elde edilen kompozitlerin karakterizasyonun irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle sinterlenme sıcaklığı 900 °C 'de sabit tutulmuştur. Yapılan analizlerin ışığında geliştirilmiş perlitin, biyoseramik malzeme olarak kullanımının geliştirilmesi ve buna yönelik çalışmaların arttırılması gerektiği önemli bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır.

Genel Sonuçlar

Genleştirilmiş perlit takviyesinin her iki matraste de hem ağırlıkça yüzde oranı olarak hem de tane boyutunun arttırılması ile mikro-

sertlik değerinde artış gerçekleştiği gözlenmiştir.

I. Grup kontrol numunesi HAT'ın mikro-sertlik değeri 182,9 HV iken en yüksek değer CT3 (%10 ve 100µ GP) numunesinde 270,5 HV tespit edilmiştir.

II. Grup kontrol numunesi HAZ'nin mikro-sertlik değeri 202,5 HV iken en yüksek mikro-sertlik değeri CZ3 (%10 ve 100µ GP) numunesinde 282,3 HV olarak tespit edilmiştir.

Yoğunluk değerleri I. Grup numunelerde takviye miktarının artması ile artma eğilimi gösterirken, II. Grup numunelerde kısmen azalma eğilimi göstermiştir.

Genel olarak mikro yapı görüntülerinde yoğun ve pürüzlü bir yapının yanı sıra küçük gözenekli yapılar gözlenmiştir. I. Grup numunelerin mikro-gözeneklilik miktarının daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Xrd analizlerinde biyomalzemelerde biyoaktiflik özelliği ve mekanik özellikleri açısından önem arz eden fazlar gözlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Ratner, B., Hoffman, A.S., Schoen, F.J. ve Lemon, E.J. (2004). An Introduction to Materials in Medicine.
- [2] Hench, L. L., (1991). Bioceramics: From Concept to Clinic, Journal of American Ceramic Society, 74, 1487-1510.

- [3] Anee, T. K., Ashok, M., Palanichamy, M., Narayana Kalkura, S., 2003: A novel technique to synthesize hydroxyapatite at low temperature, *Materials Chemistry and Physics*, 80, 725–730.
- [4] Lin D.-Y. ve Wang X.-X. (2011). A novel method to synthesize hydroxyapatite coating with hierarchical structure. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 82(2):637-640.
- [5] Weiner S. ve Wagner H.D., (1998). The material bone: structure-mechanical function relations, *Annu. Rev. Mater. Sci.*, 28:271–298.
- [6] Yelten, A. (2010). Sol-Jel yöntemi ile üretilmiş Alumina-BHA Kompozitlerinin Özellikleri ve Karakterizasyonu.
- [7] Hench L.L. ve Jones J.R., (2005). *Biomaterials, Artificial Organs, Tissue Engineering*.
- [8] Kim H. W., Koh Y. H., Li L. H., Leec S. ve Kim H.E., (2004). Hydroxyapatite coating on titanium substrate with titania buffer layer processed by sol-gel method, *Biomaterials*, 25(13):2533-2538.
- [9] Choi D.W., Marra K.G. ve Kumta P.N., (2004). Chemical synthesis of hydroxyapatite/poly(caprolactone) composites, *Materials Res Bull*, 39(3):417-432.
- [10] Kong Y.M., Bae C.J., Lee S.H., Kim H.W. ve Kim H.E., (2005). Improvement in biocompatibility of ZrO_2 Al_2O_3 nano-composite by addition of HA, *Biomaterials*, 26(5):509-517.
- [11] Silva, V. V., Lamerias, F. S., Domingues, R. Z., (2001), Microstructural and mechanical study of zirconia–hydroxyapatite (ZH) composite ceramics for biomedical applications, *Composites Science and Technology*, 61, 301–310.
- [12] Kalita, S.J., Bhatt, H.A., and Dhamne, A., (2006), MgO-Na₂O-P₂O₅ Based Sintering Additives for Tricalcium Phosphate Bioceramics, *J, Am, Ceram, Soc.*, 89,3, 875-881.
- [13] Gündüz, O., Ahmaz, Z., Ekren, N., Agathopoulos, S., Salman, S., Oktar, F.N., (2009), Reinforcing of Biologically Derived Apatite with Commercial Inert Glass, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 22, 407-419.
- [14] Demirkol, N., Oktar, F.N., Kayali, E. S., (2013), Influence of Commercial Inert Glass Addition on the Mechanical Properties of Commercial Synthetic Hydroxyapatite, *Acta Physica Polonica A*, 123, 427-429.
- [15] Salman, S., Oktar, F.N., Gündüz, O., Agathopoulos, S., Öveçoğlu, M.L., Kayalı, E. S., (2007), Sintering Effect on Mechanical Properties of Composites Made of Bovine Hydroxyapatite (BHA) and Commercial Inert Glass (CIG), *Key Engineering Materials*, 330-

332, 189-192.

[16] Piconi, C., Maccauro, G., Muratori, F., Brach Del Prever, E., (2003), Alumina and Zirconia Ceramics in Joint Replacements, *Journal of Applied Biomaterials&Biomechanics*, 1, 19-32.

[17] Manicone, P.F., Iommetti, P.R., Raffaelli, L. (2007) . An Overview of Zirconia Ceramics: Basic Properties and Clinical Applications. *Journal of Dentistry*, 35, 819–826.

[18] Liu, X.M. ve Yan, Z.F. (2006). Phase Transformation of Nanosized Zirconia. *Journal of Structural Chemistry*, 25, 424–432.

[19] Heimann, R. B. (2002). Materials Science of Crystalline Bioceramics: A Review of Basic Properties and Applications. *Chiang Mai University Journal*, 1, 23-46.

[20] De Aza, P. N., De Aza A. H., De Aza, S. (2005). Crystalline Bioceramic Materials. *Bol. Soc. Esp. Ceram. V.*, 44, 135-145.

[21] Nakamura, T., (1996), *Bioceramics in Orthopedic Surgery*. Elsevier Science Ltd, 31, 32, Pergamon. (Edinildigi Kaynak: Geçer, A., 2004. *Kitin Kalsiyum Fosfat Biyoseramik Kompozitinin Hazırlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi).

[22] Rey,C., Combes, C., Drouet, C., Sfihi, H., and Barroug, A. (2007). Physico Chemical Properties of Nanocrystalline Apatites:

Implications for Biominerals and Biomaterials. *Materials Science and Engineering C*, 27, 198-205.

[23] Regi, M, V., (2001), Ceramics for Medical Applications, *J, Chem, Soc., Dalton Trans*, 97-108.

[24] Toykan, D., (2003) *Biyomedikal uygulamalar için titanyum ile takviye edilmiş hidroksiapatit kompozitlerinin geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

[25] Bouslama, N., Ayed, F.B., and Bouaziz, J. (2009). Sintering and Mechanical Properties of Tricalcium Phosphate –Fluorapatite Composites. *Ceramics International*, 35,1909-1917.

[26] Janus, A.M., Faryna, M., Haberko, K., Rakowska, A., and Panz, T. (2008). Chemical and Microstructural Characterization of Natural Hydroxyapatite Derived from Pig Bones. *Microchim Acta*,161,349-353.

[27] Watazu, A., Kamiya, A., Zhu, J., Nonami, T., Sonoda, T., Shi, W., and Naganuma, K. (2003) Mechanical Properties of Hydroxyapatite-Granule-Implanted Titanium Alloy. *Key Engineering Materials*, 240-242, 931-934.

A Literature Review on Energy and Exergy Aspects of Heat Pumps

Faraz Afshari

Erzurum Technical University,
Department of Mechanical Engineering, 25240, Erzurum, Turkey.

Bayram Sahin

Erzurum Technical Univ.
Department of Mechanical Engineering, 25240, Erzurum, Turkey

Alessia Arteconi

Università degli Studi e Campus, via Isimbardi 10, Novedrate CO, 22060, Italy.

Giovanni Di Nicola

Università Politecnica delle Marche,
Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche, Ancona, Italy.

Fabio Polonara

Università Politecnica delle Marche,
Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche, Ancona, Italy.

Abstract:

The task of the heat pump machine is thermal energy transfer from the cold ambient storage to the environment to be heated by means of a refrigerant. This literature review summarizes the studies done on first and second thermodynamic laws in HP systems with focus on COP value, energy and exergy aspects of the system. In this study, various applications of HP, wide range of refrigerants and heat pump cycles are also discussed. In all cases, comparative tables and diagrams are provided to compare optimal performance of suggested heat pump systems in different classifications. This study presents practical information useful to select a particular type and install a heat pump system for industrial production.

Key words: Heat pump; Performance; COP; Energy; Exergy; Refrigerant

Nomenclature

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
AAHP	Air to Air heat pump
AWHP	Air to water heat pump
C_p	Specific heat capacity($J\ kg^{-1}\ K^{-1}$)
CAR	Charge amount ratio
CFC	Chlorofluorocarbon
COP	Coefficient of performance
EEV	Electronic expansion valve
Ex	Exergy ($kJ\ kg^{-1}$)
EWT	Entering water temperature [°C]
GWP	Global warming potential
h	Enthalpy ($kJ\ kg^{-1}$)
HCFC	Hydrochlorofluorocarbons
HP	Heat pump
HVAC	Heating, ventilation and air conditioning
ID HX	Indoor heat exchanger
IMST-ART	Software used for heat pump performance analyzing
$\dot{m}$	Flow rate ($kg\ s^{-1}$)
OD HX	Outdoor heat exchanger
ODP	Ozone depletion potential
P	Pressure (kPa)
Refrig.	Refrigerant
s	Entropy ($kJ\ kg^{-1}\ K^{-1}$)
T	Temperature (°C)
WWHP	Water to water heat pump
η	Efficiency

Subscripts

a	Air
act	Actual
b	Boiling point
c	Critical
comp	Compressor
cond	Condenser
dest	Destruction
evap	Evaporator
ex	Exergetic
gen	Generated
s	Solar collector
sys	System
w	Water

1. Introduction

The rapidly growing of world energy demand, environmental pollution and impacts (ozone layer depletion, global warming, climate change, etc.) and shortage of energy sources are currently critical issues of the world so it is vital to replace new alternative energy sources as an international strategy (Zheng et al. 2015; Perez-Lombard et al. 2008). From the increasing oil prices to political instability between petroleum exporter and importer countries, imbalances of world energy trade to concern about environmental pollution, there are many significant cases forcing nations to promote renewable energy resources. In this regard, in Turkey, as an example, energy trade is increasing rapidly due to the industrialization, growing population and technological improvements. In Fig. 1, energy consumption by sources is presented for the country in 2012 (Erdila et al. 2015). Generally, various types of renewable energy sources can be extracted in different ways over wide geographical

territories. Other energy resources, however, are concentrated only in a limited number of countries, so national renewable energy markets are planned to keep growing strongly and developing in the coming decades. Renewable energies indicator has been illustrated in the following histogram. (Fig. 2)

Heat pumps as remarkable alternatives on energy issues and as widely used devices for different purposes, are considered to investigate by a large number of researchers. Heat pumps are efficient energy conversion

machines that reduce primary energy consumption by utilizing heat recovery (Jung et al., 2000, Gaigalis et al. 2016). A heat pump unit extracts heat from a low temperature energy source and rejects heat to a higher temperature ambient to be heated (Wang 2000). From thermodynamic laws, heat flows from a high temperature medium to a lower one. However, this law can be reversed with the addition of energy. A heat pump machine does so by pumping heat from a cold medium to a warmer one in a cycle by using energy, usually in the form of electricity (Phetteplace 2007). With regard to the issue, heat pump system and also its components have been analyzed individually or entirely as a unit. Different studies on the entire system have been presented in the literature which basically contain thermodynamic aspects including energy, exergy, COP, system efficiency etc. (Yan et al. 2016; Bakirci, et al. 2011). While other studies focus on the components of the unit. Basic components and equipment of a heat pump unit can be classified as, Compressor (Dutra et al. 2013; Rigola et al. 2005; Kwon Kim et al. 2014), expansion valve (Choi et al. 2002; Choi et al. 2004), evaporator (Ji et al. 2009), Condenser, refrigerant (Pan et al. 2011; Di Nicola et al. 2013), and lubricating oil (Afshari et al. 2017; Lottin et al. 2003; Nam et al. 2015), which have been surveyed in detail. In the residential sector air to air HPs maybe conveniently employed for primary energy savings and efficient energy

consumption that was studied in other research (Bianco et al. 2017-a and 2017-b). Generally, reviewing of the literature studies reveals that scientific studies concentrate more on one particular heat pump system only to investigate its performance variations in different working conditions. There has obviously been a gap of a basic comprehensive comparison of HP devices in term of energy and exergy areas. Hence, the main objectives of this review study can be summarized as, (1) Reviewing the various applications of heat pumps, (2) A thorough comparison of energy and exergy analysis in the various presented HP cycles focusing on COP value and exergetic efficiency, (3) The introduction of refrigerant selection, characteristics and effects on the performance.

2. Various applications of heat pumps

Heat pumps are used in homes, office, commercial buildings, hotels, hospitals, industry, animal husbandry, greenhouses etc. with the aim of heating, cooling, drying and freezing. A few kilowatts small heat pumps can also provide hot water for domestic purposes. Different applications of HPs may be introduced as follows,

2.1. Air conditioning systems (cooling and heating)

Various types of HPs have been presented and analyzed in the terms of performance frequently are used for residential buildings or other constructions heating system (Gupta et al. 2014). The developed models are based on the same thermodynamic cycle, but in some cases for heating or cooling purpose. This is a heat pumps advantages that can be used in all seasons and various geographical weathers as an air conditioning device. It was experimenyed that, the prepared hot water can be also saved in the storage tank for later use as heat source (Yumrutas et al. 2012). The system can be used in vehicle and car industries as an efficient way for air conditioning (Pettersen et al. 1998).

2.2. Food industry (Drying)

Drying is one of the main process in the post-harvest activities and it encompasses a sequence of operations, which is divided into two categories as technical and natural. In both of these methods, solar energy has been used as an energy source (Aktas et al.2016). In the technical methods, heat pumps can be used as an effective strategy in food drying. Performance analysis of infrared–heat pump drying of grated carrot showed that, infrared and heat pump combination is a successful and efficient technology in food drying section (Aktas et al.2017).

2.3. Food industry (milk pasteurization)

Heat treatment processes can be used in the dairy industry and milk pasteurization. The applicability of heat pumps in milk pasteurization for producing cheese has been investigated in several studies. Ozyurt et al. constructed such a laboratory HP and compared the results with those of classical methods in milk pasteurization sector (Ozyurt et al. 2004; Comakli et al. 1994).

2.4. Greenhouse heating system

Greenhouses have substantial economic potential in the world agricultural sector. Although solar energy is mostly used in this sector, greenhouses should be heated over the nights and cold days. The effective use of HPs with a proper technology in modern greenhouses can play a leading role in the near future. The solar assisted ground-source heat pump has been evaluated to use in modern greenhouses. Exergetic efficiencies as well as performance of the system and the potential for improvements are also analyzed (Ozgener et al. 2005a; 2005b). In Bangkok, based on a typical weather pattern, same system has been installed to investigate device application over the day and night in a wide range of temperature and humidity (Chou et al. 2004).

2.5. Drying of textiles

Heat pump assisted mechanical drying systems can be utilized in the textile industry. In a study, wetted wool as a material with fibers, was selected to evaluate the possibility and advantages of such combined machine. (Oktay et al. 2003). The effectiveness of heat pump assisted clothes dryer have been also presented with approximately same principles and compared to classical drying methods, in terms of energy consumption and drying duration required (Ameen et al. 2004; Deng et al. 2004).

3. Heat pump cycles

Different strategies can be used for design desired heat pump system, including cycles with multi-stage compressors, expansion valves, ejectors, separated gas coolers and cascades. In most cases, multi-temperature HP systems use two heat sources and one heat sink. In supermarket applications, multi-stage compressor cycles, while expansion valve cycles are applied in air conditioning and household refrigeration. Cascades with secondary loops are other frequently used type and separated gas coolers are commonly used for space heating and hot water

production (Arpagaus et al. 2016). Generally, main thermodynamic cycles of HPs may be presented as follows,

3.1. Single stage heat pump

The simplest heat pump cycle usually works between one source and one sink, which consists of a single stage compressor, an expansion valve, an evaporator and a condenser. In the following figure commonly used heat pump cycle is provided for the refrigerant R22 (Fig. 3) in the presented single stage HP three different charge amount of refrigerant have been analyzed. It has been shown that in low charge amounts, system is in the under charge state and couldn't work effectively. However, with optimal charge amount cycle is completed as shown in study below at 6600 gr refrigerant (Afshari et al. 2016a).

Fig. 3. Single stage heat pump cycle (left) and simplified circuit (right),

3.2. Multi-stage cycles

These type of cycles are widely used in the cases that temperature differences between source and sink are high (in refrigeration applications as an example), which cannot be overcome by a single-stage system (Dincer et al. 2010). Multi-stage heat pump cycles usually indicate those systems with several compression stages (Stoecker, 1998).

In Figs. 4 and 5, p–h diagrams for two different multi-stage cycles have been presented. In Fig. 4, the cycle for two-stage compressor with open economizer and second heat source has been

illustrated. The system contained, 2 compressors, 1 condenser, 1 OptiRef economizer, 1 evaporator, 2 expansion valves, 1 gas bypass valve (Uhlmann et al., 2014). While the Fig. 5 is two-stage transcritical CO₂ cycle with intercooler between two compressors, contains, 2 compressors, 1 condenser/gas cooler, 1 intercooler, 1 evaporator, 1 expansion valve (Cecchinato et al., 2009; Yari, 2009).

Fig. 4. Multi-stage cycle with an evaporator, an OptiRef economizer and second heat source (Refrigerant R134 a)

Fig. 5. Multi-stage cycle with an evaporator and an intercooler (Refrigerant CO₂)

3.3. Multiple evaporator system

In recent studies multiple evaporator systems have been developed to absorb thermal energies from several sources as inputs. The conversion from one source to another is available using four-way valves. In the cycle, outdoor air can be applied in the summer, whereas ground heat and solar heat are used in winter. A multiple evaporator system was designed by Dikici et al. to work in the same way using energy sources, including solar, air, and ground heat (Fig. 6). The system contained, 1 compressor, 1 condenser, 3 evaporators, 2 four-way valves, 1 expansion valves (Dikici et al. 2011).

Fig. 6. Multiple evaporator system using solar, air, and ground heat (Refrigerant R22)

3.4. Cascade cycles

A cascade system is constructed with two or more heat pumps. The particular feature of the cascade cycle can be described with possibility to have various working fluids in each cycle. Different refrigerants can be selected for optimal performance in the different working conditions and temperature range (Dincer and Kanoglu, 2010). In the following Figs. Cascade systems are provided with same working fluid at each cycle (Fig. 7) and different working fluid (Fig. 8). (Sharma et al. 2014)

4. Coefficient of performance (COP)

In a heat pump, the coefficient of performance or COP is a ratio of the useful heating provided (or cooling in refrigerators) to work consumed (Afshari et al. 2018) so economically, higher COP means lower operating costs. In HPs the COP value should exceeds 1. Otherwise, HP is

converting work to heat when the value is equal to 1. For overall system, COP calculation includes all components energy consumption, which indicates COP_{sys} . In the Table 1, previous studies have been selected to evaluate coefficient of performance obtained in different working conditions. For every research, refrigerant type, COP diagram and schematic view of the set up system are provided in the table.

In the first case (No.1), solar-assisted heat pump with an evacuated tubular collector to be used in a domestic heating system was studied theoretically and experimentally. The effects of evaporation temperature on the heating capacity and performance of the system were investigated. The maximum experimentally obtained COP value of the system was reported about 6.38. The COP results of the study have been displayed with respect to the evaporation temperature for theoretical and experimental results.

Yamaguchi et al. (No 2) developed a test model as water heater using an air to water heat pump. The effects of outside air temperature and inlet water temperature on the performance were described. In the COP diagram, COP variation with condenser inlet water temperature has been provided.

Ozyurt et al. (No. 3) evaluated the performance of vertical ground source (depth of which was 53 m) heat pump for using in cold climates. The system performance (COP_{sis}) was computed from experiments in the range of 2.07– 3.04. The daily variation of heat pump performance (COP) and overall system performance were presented (COP_{sis}).

Kwon et al. (No. 4) studied a two-stage compression heat pump for district heating by using waste energy. The system comprised an intercooler and flash tank and performance characteristics was studied in different working conditions. COP variation with respect to normalized pressure and heat source temperature has been prepared in the study.

Water heater heat pump was designed for bathing by Chen et al., which used shower wastewater in a few minutes of waiting (No. 5). Waste heat from shower water was recovered utilizing an evaporator and a regenerator. It was revealed that, the suggested HP can work with high stability in any weather and seasons. The optimal performance (COP) of the system reached 4.97. The related COP diagram shows the effects of condenser inlet water temperature and mass flow rate

on overall system performance or COP_{sys} .

Dynamic simulations were developed to investigate the energy performance of a hybrid unit and compared with an electric assisted heat pump (No. 6). Comparison of the results showed that hybrid systems can attain a high generation efficiency than electrical assisted heat pumps. Obtained COP values in various test conditions were in the range of 2.5- 2.9.

Yumrutas et al. (No. 7) presented an analytical model to predict the long term performance of a heat pump combined with an underground spherical energy storage tank. It was shown that, the system should be operating over 5–7 years to attain optimum efficiency. In this study, effect of collector area (A_c) on COP value has been illustrated.

In the study No.8, another solar-assisted heat pump was designed to supply domestic hot water using a direct-expansion. A bare flat-plate collector- evaporator with a surface area of 4.2 m^2 was employed in the test set up. In the study, comparisons between the simulation and the experimental results show that the under experimented system is able to give acceptable predictions. Some of main variable parameters in the study were solar radiation, wind speed and ambient temperature. Comparison of predicted and measured values of performance have been plotted in COP diagram.

Arteconi et al. (No. 9), evaluated a real application of ground coupled heat pump for using in an office building as an alternative to traditional heat pumps. Theoretical results and experimental measured data were compared and COP variations were reported in the range of 3.6-5.2.

In No. 10 experiments were carried out to select excellent working fluids which have high performance and are environment friendly. Several HCFCs and HFCs refrigerants with an ODP of zero or low value firstly were examined. The study revealed that HCFC141b, HCFC123, have highest COP values. Variations of the COP value with condensing temperature have been presented in the study.

A ternary mixture of R124/R142b/R600a, was developed to use in a water source heat pump (No. 11). Performance of the heat pump was evaluated using produced gas as the refrigerant to test the system with a geothermal hot water source. In the table, schematic of the experimental system has been illustrated and numbered components in the system were specified as, 1- compressor; 2- condenser; 3- evaporator; 4- desiccator; 5- throttle valve; 6- air cooler; 7- expansion tank. COP

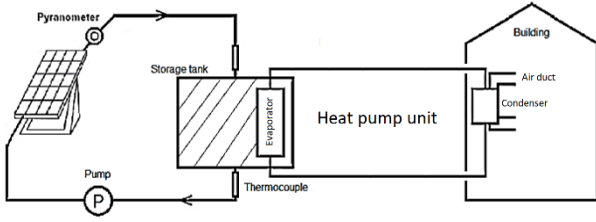
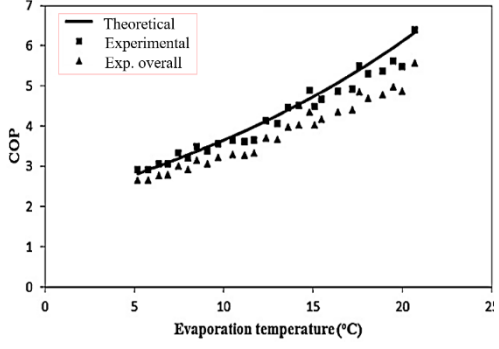
Table 1. Performance (COP) optimization in previous studies.

values of the study have been also presented for various condenser-outlet temperatures.

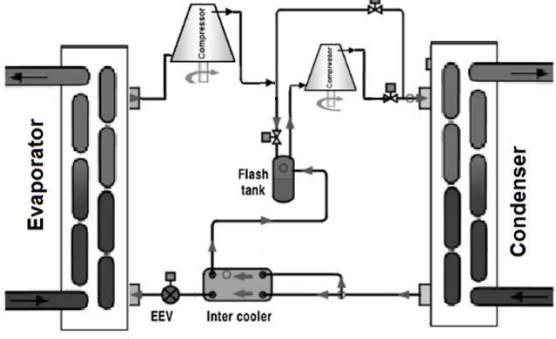
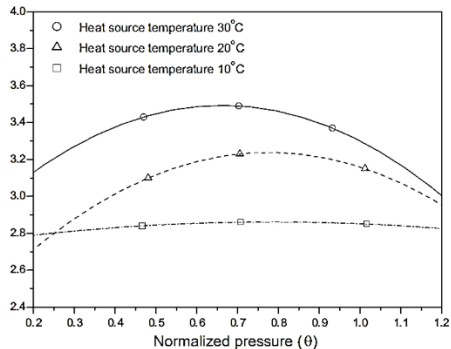
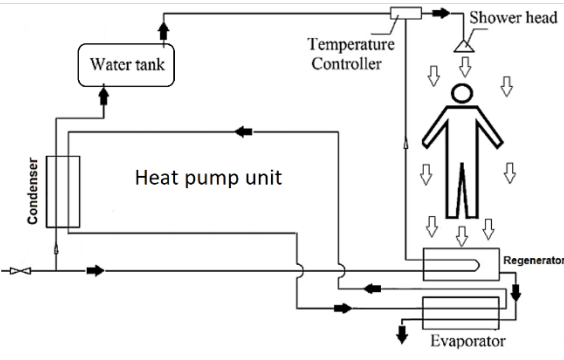
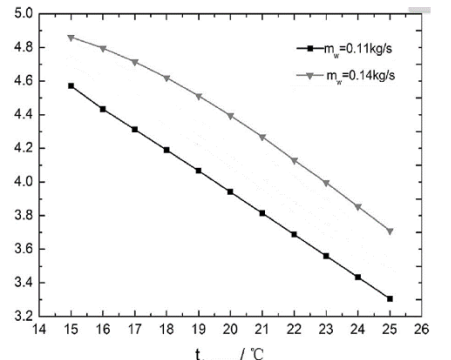
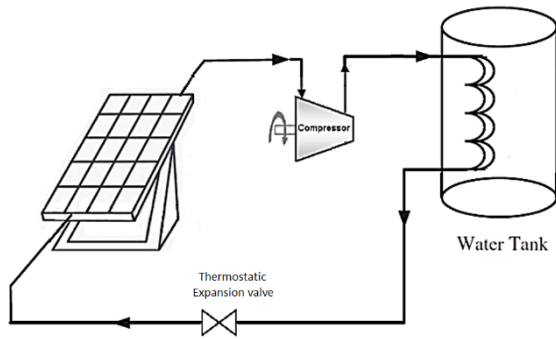
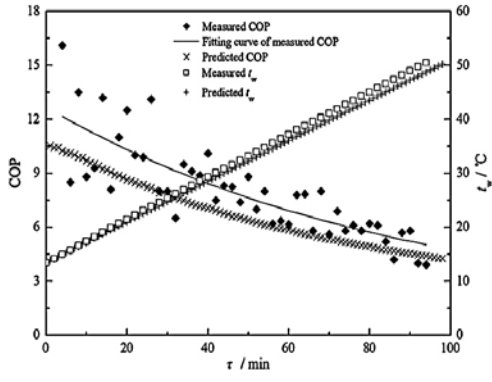
Karagoz et al. investigated the possibilities of using R134a to replace R22 in vapor compression heat pumps (No. 12). The highest COP was obtained at a mixture ratio of 50/50% R134a/R22 and in this ratio COP results from the experiments were in the range of 2.8-3.7. In the diagram, effect of mixture ratio and air inlet temperature on the COP value has been indicated.

In a similar study (No. 13), refrigerants R22, R407C, and their binary mixtures were tested. In the optimum working conditions, performance changed around 3.22-3.71. In No. 14, an experimental study was carried out to find out the relation between optimal charge amount and compressor

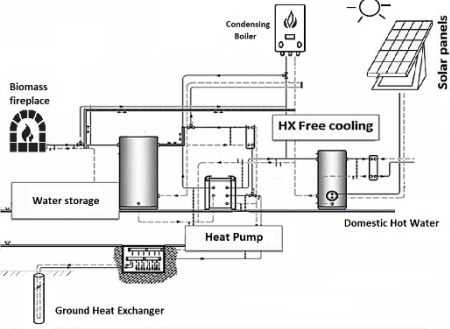
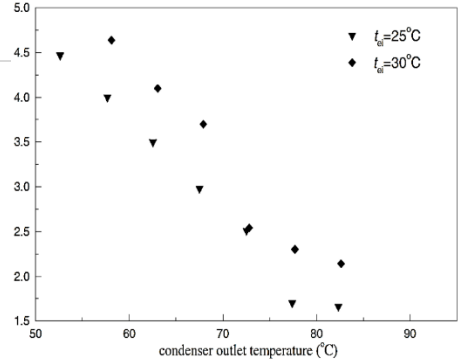
MARDİN ARTUKLU ULUSLARARASI MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR KONGRESİ
19-21 Nisan 2019 MARDİN

No	Test set up	Type & Futures	Refrig.	Performance diagram	Reference
1		Solar assisted	R407C		Caglar et al. 2012
2		AWHP	CO ₂		Yamaguchi et al. 2011
3		Ground source	134a		Ozyurt et al. 2011

MARDİN ARTUKLU ULUSLARARASI MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR KONGRESİ
19-21 Nisan 2019 MARDİN

4		Two-stage compression WWHP	R134a		Kwon et al. 2013
5		Assisted by shower waste water	R134a		Chen et al. 2013
6	Air source heat pump coupled with a condensing gas boiler	AWHP	R410	COP values in various test conditions were in the range of 2.5- 2.9.	Di Perna, et al. 2015
7		Solar assisted	-		Yumrutas et al. 2012
8		Solar assisted	R-22		Kong, et al. 2011

MARDİN ARTUKLU ULUSLARARASI MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR KONGRESİ
19-21 Nisan 2019 MARDİN

9		Ground coupled	R407C	COP variations were reported in the range of 3.6-5.2.	Arteconi et al. 2013
		AWHP	R22, R134a, R404a		Afshari et al. 2016
10		WWHP	Wide range of Refrigs.		Pan et al. 2011
11	Water source setup using a near-azeotropic refrigerant mixture	WAHP, Geothermal	Ternary mixture of : R124 R142b R600a		Nanxi et al. 2005
12		AWHP	Binary mixtures of: R22 R134a		Karagoz, et al. 2004
13		AWHP	Binary mixtures of: R22, R407C,	In the optimum working conditions COP values were obtained around 3.22-3.71	Comakli et al. 2010
14		AWHP	R22, R134a, R404a		Afshari et al. 2016

suction pressure. Various refrigerants were tested and overcharge and undercharge states were described in the study. In the COP diagrams, performance of the R134a refrigerant was selected to show COP variation with respect to the charge and water flow rate of the condenser. COP value has approximately varied in the range of 0.4- 2.8.

Exergy analysis

With the energy crisis in the 1970s, the persistent emphasis on efficiency and performance led to an overall reconsideration of the way mechanical systems are analyzed thermodynamically. The new methodology is on the basis of thermodynamic optimization or entropy generation minimization which is known as *exergy analysis* (Bejan 2002). This methodology is used to assess the efficiency of devices and processes. Using the methodology and examining the exergy at various points of a system in a series of energy conversion steps, the process steps and analyzed points with the highest losses can be determined (Rosen et al. 2003). In the other words, exergy methodology

can be employed in a system to detect the causes of the thermodynamic weakness and sites of exergy destruction in the process (Ozgener et al. 2007a; Yumrutas et al. 2002). It can be stated that, exergy can not only be transferred (like energy) but also destroyed over the real process. In a system, hence, the total exergy varies with energy conversion because of exergy transfer and destruction due to irreversibility (Venkataramanamurthy 2010). Exergy can be defined as a measure of the maximum capacity of a system to provide useful or desired work in the process interacting with a specified environment that is at a constant pressure and temperature (P_0 , T_0) (Kavak Akpınar et al. 2007; Rosen et al. 2003). Because the available work that can be extracted during the procedure, depends on the state of surroundings, and so the reference environment is needed to be specified for exergy analysis (Ozgener et al. 2007a). A higher difference between the energy source and its surroundings, means a high capacity of extracting work from the system. Essentially, the reference state is an infinite environment for a system with sink and source for a system. In this area, the basic concepts of the exergy analysis have been used and developed during the past few decades and a number of studies (Torres Reyes et al. 1998; Cakir

et al. 2013; Dikici et al. 2008; Gang et al. 2011; Catton et al. 2011) have employed the exergy analysis with the aim of system evaluation with regard to the different parameters (optimization, capital, life cycle analysis, research and development effort, components, etc.). In the case of comparison between experimented systems, energy and exergy evaluation has been key factor to take a decision and state which system has higher efficiency at which reference state (Lohani 2010; Afshari et al. 2017).

In all parts of the system, maximum exergy efficiency can be obtained as the ratio of the outlet to the inlet exergy flow in a cycle (Ozgener et al. 2007b). By using this methodology, a measure can be available for explaining the benefits of sustainable energy and also suggested technologies can be obviously understood by experts and non-experts. Exergy can be a better choice than energy to identify the economics of energy technologies and environmental benefits, from different key perspectives, e.g., energy conservation, quality and sustainable development. Finally, it is a scale required to compare the quality between energy resources. (Rosen et al. 2008; Dincer 2002). In the Table 2, studies from open literature have been selected to evaluate exergy results obtained in previous investigations.

Table 2. Exergy optimization in previous studies.

No.	Eqs.	Type & Futures	Exergy diagram	Reference
1	$\eta_{ex} = \frac{\dot{Q}_{cond} - T_0 \dot{m}_w c_{p,w} \ln\left(\frac{T_{w,out}}{T_{w,in}}\right)}{\dot{Q}_{evap} + \dot{W}_{comp} - T_0 \dot{m}_a c_{p,a} \ln\left(\frac{T_{a,in}}{T_{a,out}}\right)}$	AWHP		Afshari et al. 2017
2	$\eta_{comp,ise} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_{2a} - h_1}$ $\eta_{comp,II} = \frac{\dot{W}_{rev,in}}{\dot{W}_{act,in}} = \frac{(h_2 - h_1) - T_0(s_2 - s_1)}{h_2 - h_1}$	AWHP		
3	$Ex_{comp} = (h_2 - h_1) - T_0(s_2 - s_1)$ $\dot{Ex}_{comp} =$ $\dot{m}_r((h_2 - h_1) - T_0(s_2 - s_1))$	AWHP		Afshari et al. 2016 b

In the first study (No. 1), for an air to water heat pump, second law and isentropic efficiency of compressor have been presented for 3 different oil samples (SL 22, SL68 and SL220). It was revealed that, the second law efficiency is higher than isentropic efficiency in all conditions and cases. Moreover, both of them fall down by increasing charge amount.

In the case No. 2, the exergetic efficiency of the entire system has been presented with respect to the oil samples. In the diagram, low viscosity oils show higher exergetic efficiency and so as a result SL 22 (low viscosity oil) has placed in the highest levels.

In another study (No. 3), the exergy state of the compressor has been presented in two units. For kJ/kg unit, exergy value decreases strongly with the charge amount and condenser water flow rate, whereas computed exergy in watt unit increases slowly.

Comakli et al. studied on the refrigerant mixtures and performed energy and exergy analysis in the study. In the provided diagram, condenser cooling water effects on the exergetic efficiency were presented which shows a negative effect of the water flow rate as secondary fluid (No. 4).

In a solar-assisted vertical ground-source heat pump (No. 5), exergy analysis was done and in the related figure the effect of dead state

temperature on the exergetic efficiency was shown which indicates exergetic efficiency increases with an increase in the dead state temperature.

With exergy analysis Yumrutas et al. investigated the effects of the evaporating and condensing temperatures on the exergy losses and second law of efficiency in a vapor compression refrigeration cycle (No. 6). The figure from the study shows the second law efficiency and total exergy loss variation with respect to the condensing temperature.

In a refrigeration system, second law efficiency was compared at different evaporator temperature for refrigerants R22 and R436b (No. 7). A comparison between two gases has been also presented in the term of exergy efficiency (No. 8).

Kavak Akpınar et al. evaluated the exergetic performance of two kinds of ground source heat pump systems (No. 9). Maximum irreversibility of these type of heat pumps occurred in the motor-compressor subassembly due to the electrical, mechanical and thermodynamic losses.

In the study No 10, four different mode of heat pumps (air to water, air to air, water to air and water to water) were assessed in order to compare their experimental exergetic (and energetic) performance. The figure of No. 10 shows exergy destruction of each mode with increasing of

heat source temperature. From the same study, exergy destruction rate versus the mass flow rate of secondary fluid has been presented (No. 11).

Dikici et al. reported in a study on solar assisted heat pumps that, in the system with the solar heat exchanger as the heating sources, the highest exergy loss occurs in the compressor followed by the evaporator and condenser (No. 12).

6.Refrigerants

6.1.Introduction of used refrigerants

Refrigerants are a substance or mixture circulated in a thermodynamic cycle as the working fluid and undergo phase transitions from liquid to gas and vice versa in the cycle. Fluorocarbon refrigerants, especially chlorofluorocarbons, became common in the 20th century. However, with regard to their ozone depletion effects, they are being phased out gradually. Other common refrigerants utilized in heat pumps and refrigeration systems are sulfur dioxide, ammonia, and non-halogenated hydrocarbons such as propane (Chang et al. 2000). Refrigerants are considered in various aspects to select an appropriate one as circulating fluid.

Refrigerant mass distribution (Bjork et al. 2006; Palm 2007), thermodynamic properties, noncorrosive to mechanical components, being environmentally safe (with respect to the GWP and ODP), free from toxicity and flammability are some of major refrigerant characteristics taken into account for refrigerant type selection and classification (Bolaji et al.2013; Beshr et al. 2015).

6.2 Refrigerant properties

The thermodynamic characteristics of refrigerants may be listed as boiling point temperature, critical pressure and temperature, density in liquid form, ODP and GWP etc. The characteristics of wide range of commonly used and low-GWP refrigerants are presented in Table 3 and 4 respectively. In the table 3, data were collected for different frequently used refrigerants reported with their respective ASHRAE notation.

Table 3.

Thermodynamic properties of commonly used refrigerants. (Di Nicola et al. 2016. Di Nicola, et al. 2011; Pan et al. 2011; Sarbu 2014; James et al. 2007)

ASHRAE designation	Chemical formula	T _c (K)	P _c (MPa)	T _b (°C)	ODP	GWP ₁₀₀
R11	CCl ₃ F	471.20	4.41	4	1.000	4750
R114	CClF ₂ CClF ₂	418.85	3.26	3.6	1.000	10040
R115	CClF ₂ CF ₃	353.15	3.32	-38.9	0.440	7370
R1150	CH ₂ CH ₂	282.34	5.04	-	0.000	
R116	CF ₃ CF ₃	293.03	3.04	-78.2	0	12200
R12	CCl ₂ F ₂	384.95	4.13	-29.8	1.000	10890
R123	CHCl ₂ CF ₃	456.94	3.68	27.8	0.020	77
R124	CHClF ₂ CF ₃	395.65	3.66	-12.0	0.020	609
R125	CHF ₂ CF ₃	339.17	3.62	-54.6	0	3500
R1270	CH ₃ CHCH ₂	364.85	4.60		0	20
R13	CClF ₃	302.00	3.87	-81.3	1.000	14420
R134a	CH ₂ FCF ₃	374.18	4.06	-26.1	0	1430
R13B1	CBrF ₃	340.15	3.97		16.000	7140
R14	CF ₄	227.51	3.75		0	7390
R141b	CH ₃ CCl ₂ F	478.85	4.34		0.120	725
R142b	CH ₃ CClF ₂	410.29	4.04	-9.0	0.070	2310
R143a	CH ₃ CF ₃	345.88	3.76	-47.2	0	4470
R150	C ₂ H ₄ Cl ₂	561.60	5.37			
R150a	C ₂ H ₄ Cl ₂	523.00	5.07			
R170	CH ₃ CH ₃	305.32	4.87		0	20
R20	CHCl ₃	536.40	5.47			
R21	CHCl ₂ F	451.58	5.18		0.010	151
R218	CF ₃ CF ₂ CF ₃	345.05	2.68	-36.6	0	8830
R22	CHClF ₂	369.30	4.97	-41.4	0.050	1810
R227ea	CF ₃ CH ₂ CF ₃	374.83	2.91		0	3220
R23	CHF ₃	299.01	4.82	-82.1	0	14760
R236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	412.38	3.41		0	9810
R245ca	CH ₂ FCF ₂ CHF ₂	447.57	3.93		0	693
R290	CH ₃ CH ₂ CH ₃	369.83	4.25	-42.2	0	20
R30	CH ₂ Cl ₂	510.00	6.08			10
R32	CH ₂ F ₂	351.26	5.78	-51.7	0	675
R41	CH ₃ F	317.42	5.88	-78.1	0	92
R600	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	425.12	3.80	-0.5	0	20
R600a	CH(CH ₃) ₂ -CH ₃	407.80	3.64	-11.7	0	20
R601	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	469.70	3.37		0	20
R601a	(CH ₃) ₂ CH-CH ₂ -CH ₃	460.40	3.38		0	20
R702	H ₂ (Normal hydrogen)	33.19	1.31		0.000	
R704	He (helium)	5.20	0.23		0.000	
R717	NH ₃	405.65	11.28	-33.3	0	<1
R718	H ₂ O	647.10	22.06		0	<1
R740	Ar	150.86	4.90		0.000	
R744	CO ₂	304.21	7.38	-78.4	0	1
R764	SO ₂	430.75	7.88		0	300
RC318	-CF ₂ -CF ₂ -CF ₂ -CF ₂ -	388.37	2.78		0	10250
RE170	CH ₃ -O-CH ₃	400.10	5.73			

Table 4.

Thermodynamic properties of low-GWP refrigerants (McLinden et al. 2014; Lemmon, et al., 2010; Frenkel et al., 2011.)

PubChem No.	IUPAC name	Formula	ASHRAE designation	T _c (K)	P _c (MPa)	C _p (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	GWP ₁₀₀
Halogenated alkanes							
6368	1,2-difluoroethane	C ₂ F ₂ H ₂	R-152a	386.4	4.52	66.5	124
Halogenated alkenes (fluorine only)							
6369	1,1-difluoroethene	C ₂ F ₂ H ₂	R-1132a	302.7	4.43	57.8	4.4
8301	1,1,2,2-tetrafluoroethene	C ₂ F ₄	R-1114	307.3	3.94	80.5	6.5
69647	1,1,3,3,3-pentafluoropropene	C ₃ F ₅ H	R-1225zc	343.9	3.39	106.9	4.3
5708673	(Z)-1,2,3,3,3-pentafluoro-1-propene	C ₃ F ₅ H	R-1225ye(Z)	348.6	3.85	108.8	2.9
5365501	(E)-1,2-difluoroethene	C ₂ F ₂ H ₂	R-1132(E)	350.1	6.77	58.1	1.9
6329539	(E)-1,2,3,3,3-pentafluoroprop-1-ene	C ₃ F ₅ H	R-1225ye(E)	353.8	3.74	108.7	2.9
594043	1,1,2,3,3-pentafluoroprop-1-ene	C ₃ F ₅ H	R-1225yc	357.6	3.74	108.0	6.8
8302	1,1,2,3,3,3-hexafluoroprop-1-ene	C ₃ F ₆	R-1216	359.0	3.13	119.9	8.7
5462921	(Z)-1,2-difluoroethene	C ₂ F ₂ H ₂	R-1132(Z)	365.1	5.32	58.1	1.5
67745	1,1,2,3,3,4,4,4-octafluorobut-1-ene	C ₄ F ₈	R-1318cycm	367.1	2.71	162.7	5.1
2776731	2,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	C ₃ F ₄ H ₂	R-1234yf	367.8	3.38	101.5	4.0
61109	1,1,3,3,3-pentafluoro-2-(trifluoromethyl)prop-1-ene	C ₄ F ₈		369.4	2.47	158.9	5.4
21096859	1,1,3,3,4,4,4-heptafluorobut-1-ene	C ₄ F ₇ H	R-1327czcm	369.5	2.56	149.7	2.0
14310966	1,1,2-trifluoroprop-1-ene	C ₃ F ₃ H ₃	R-1243yc	375.3	3.65	92.7	5.4
21731865	1,1,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	C ₃ F ₄ H ₂	R-1234zc	375.8	3.88	95.9	3.5
11855995	1,1,2,3-tetrafluoroprop-1-ene	C ₃ F ₄ H ₂	R-1234yc	377.4	3.88	98.6	2.8
12672	3,3,3-trifluoroprop-1-ene	C ₃ F ₃ H ₃	R-1243zf	378.6	3.61	88.2	0.82
5708720	(E)-1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	C ₃ F ₄ H ₂	R-1234ze(E)	382.5	3.64	99.3	6.0
12543097	(Z)-1,2,3,3,4,4,4-heptafluorobut-1-ene	C ₄ F ₇ H	R-1327eycm(Z)	386.1	2.73	161.1	1.4
2775851	(E)-1,1,1,2,3,4,4,4-octafluorobut-2-ene	C ₄ F ₈	R-1318myym(E)	386.1	3.08	151.6	5.3
3034116	(Z)-1,1,1,2,3,4,4,4-octafluorobut-2-ene	C ₄ F ₈	R-1318myym(Z)	390.1	2.88	161.3	5.3
21096848	1,1,2,3,4,4,4-heptafluorobut-1-ene	C ₄ F ₇ H	R-1327cyem	390.5	3.03	149.7	4.1

MARDİN ARTUKLU ULUSLARARASI MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR KONGRESİ
19-21 Nisan 2019 MARDİN

23237196	(E)-1,2,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	C ₃ F ₄ H ₂	R-1234ye(E)	391.7	4.45	97.0	2.3
20496975	2-(difluoromethyl)-1,1,3,3,3-pentafluoroprop-1-ene	C ₄ F ₇ H		393.7	2.69	147.6	5.0
5708514	(Z)-1,1,1,2,4,4,4-heptafluorobut-2-ene	C ₄ F ₇ H	R-1327myzm(Z)	393.8	2.92	148.6	1.8
11116025	(Z)-1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	C ₃ F ₄ H ₂	R-1234ze(Z)	394.6	3.86	96.1	1.4
22956412	1,1,3-trifluoroprop-1-ene	C ₃ F ₃ H ₃	R-1243zc	395.0	4.01	87.3	1.2
12633094	(E)-1,3,3,4,4,4-hexafluorobut-1-ene	C ₄ F ₆ H ₂	R-1336ezcm(E)	398.9	3.03	140.2	0.74
88954	1,1,2,3,4,4,4-heptafluoro-3-(trifluoromethyl)but-1-ene	C ₅ F ₁₀		399.1	2.16	204.6	3.7
12576087	1,1,3,3,4,4,4-heptafluoro-2-(trifluoromethyl)but-1-ene	C ₅ F ₁₀		399.9	2.03	201.9	2.9
23237197	(Z)-1,2,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	C ₃ F ₄ H ₂	R-1234ye(Z)	400.0	4.23	97.0	2.2
	Halogenated alkenes (fluorine plus chlorine or bromine)						
6594	1-chloro-1,2,2-trifluoroethene	C ₂ ClF ₃	R-1113	378.9	4.06	82.8	12
102335	2-chloro-1,1,3,3,3-pentafluoroprop-1-ene	C ₃ ClF ₅	R-1215xc	380.6	2.93	122.2	9.2
521001	3-chloro-1,1,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	C ₃ ClF ₄ H	R-1224zc	382.4	3.19	110.0	4.7
	Halogenated alkenes (fluorine plus chlorine or bromine) (continued)						
13717712	(Z)-1-chloro-1,2,3,3,3-pentafluoroprop-1-ene	C ₃ ClF ₅	R-1215yb(Z)	387.1	3.22	122.8	9.2
5463105	(E)-1-chloro-1,2-difluoroethene	C ₂ ClF ₂ H	R-1122a(E)	394.1	5.12	71.2	4.3
22714818	(E)-1-chloro-1,2,3,3,3-pentafluoroprop-1-ene	C ₃ ClF ₅	R-1215yb(E)	394.9	3.38	122.9	9.6
9664	2-chloro-1,1-difluoroethene	C ₂ ClF ₂ H	R-1122	397.6	4.50	70.5	3.9
14047952	3-bromo-1,1,2,3,3-pentafluoroprop-1-ene	C ₃ BrF ₅	R-1215ycB1	399.0	3.22	126.8	9.1
280	Carbon dioxide	CO ₂	-	304.1	7.38	37.1	1.000
222	Ammonia	NH ₃	-	405.4	11.33	35.6	<1

6.3 Refrigerant mixtures (and substituting refrigerant) to use in the heat pump system

Following the ban of many widely used CFCs, the primary concern of the refrigeration industry has been to develop alternative refrigerants. These new alternatives must have low ozone depletion potential and require minimal changes when adopted as working fluids in existing equipment (Latini et al. 1999).

Recent environmental regulations are going to phase-out a lot of the refrigerants frequently used in heat pumps and air conditioning systems because of their high GWP values. Hence, the main purpose of several studies was to investigate the possibilities of using a low GWP and ODP refrigerant or their mixtures to replace other not environmentally friendly refrigerants such as refrigerant R22. Most of the experimental studies have been carried out without any basic modification in test set up heat pump (Karagoz et al. 2004).

Not only in heat pumps, but also in the refrigeration systems and refrigerators, various refrigerant mixtures have been subject to analyze the system performance and effects of different binary and ternary mixtures on the COP value and efficiency (d'Angelo et al. 2016; Rasti et al. 2012).

Thermo physical properties of various pure and mixed refrigerants have been measured in the number of studies (Dang et al. 2015; Latini et al. 1996). In this issue, some useful methods like free-volume theory was extended to modeling the viscosities of hydrofluorocarbon refrigerants to predict the hydrofluorocarbon mixture viscosities (He et al. 2015). In the Table 5 importance of the refrigerant mixing strategy is shown by presenting several studies with different gas types and mass fractions.

MARDİN ARTUKLU ULUSLARARASI MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR KONGRESİ
19-21 Nisan 2019 MARDİN

Table 5.
A number of studies on refrigerant mixtures in different mass fractions and gas type

Mixture of refrigerant	Tested mass fractions (mixture ratio)		Test set up	Conclusion	Reference
R22/R134a	0%/100%, 50%/50%, 100%/0%	25%/75%, 75%/25%,	AWHP	Maximum COP was reported at a mixture ratio of around 50/50%	Karagoz et al. 2004
R290/R600a	0%/100%, 20%/80%, 40%/60%, 60%/40%, 80%/20%, 100%/0%,	10%/90%, 30%/70%, 50%/50%, 70%/30%, 90%/10%,	Refrigeration system	A maximum COP was obtained for a mixture containing 40%wt of R290.	d’Angelo et al. 2016
R134a/ R436A	Substituting R436A	R134a with	Refrigerator	Optimum charge for R436A was reduced about 48% in comparison with R134a. ON time ratio and energy consumption were reduced by 13% and 5.3%, respectively.	Rasti et al. 2012
R32/R125,R32/R134a, R125/R134a,R125/R143a, R134a/R143a, R134a/R152a, R32/R125/R134a, R125/R-134a/ R-143a	-	-	-	Thermodynamic properties of several mixture refrigerants were presented.	Estela-Uribe 2014
HFO/HFC mixtures (HFC refrigerants: R32, R125, R152a, R134a; with HFO refrigerants: R1234yf, R1234ze).	-	-	Refrigeration and HVAC systems	Most of the new presented HFO/HFC mixtures do not meet the GWP restrictions approved by the EN (European normative).	Mota-Babiloni, 2015
R11/ R22 and R12/ R22	0%/100%, 50%/50%, 100%/0%	25%/75%, 75%/25%,	AWHP	It was observed that the COP and η_{ex} increased with the addition of R22 to the system over R11 and R12 pure refrigerants.	Comakli et al. 1999
R22/R404A	0%/100%, 50%/50%, 100%/0%	25%/75%, 75%/25%,	AAHP	Among the various variable factors, condenser air inlet temperature was found as the most effective factors for COP and exergetic efficiency.	Comakli et al. 2009
R744/R125,R744/R41, R744/R32, R744/R23	%/100%, 40%/60%, 80%/20%,	20%/80%, 60%/40%, 100%/0%	Cascade refrigerating system	In cascade systems, the R744 mixtures were an attractive option for the low-temperature circuit.	Di Nicola et al. 2005
R290/ R600a/ butane	100% R290, 75%R290/19.1%butane /5.9% R-600a, 50% R290/ 38.3%butane /11.7% R600a, 25% R290/57.5% butane/ 17.5% R-600a.		Domestic refrigerator	Hydrocarbon mixtures of propane (R290), butane and isobutene (R600a) can be used as a possible alternative to R-12 refrigerants with COP values that are competitive with R-12 values. The 100% R290 has the maximum COP among the hydrocarbons.	Hammad et al. 1999
R22/R141b	Wide range of molar compositions		WWHP	The coefficient of performance was highest when the molar component of R22 is about 75%.	Li et al. 2002
R290/600a and R290/600 Single components: R22, R1270, R290, R600a, R600	0%/100%, 40%/60%, 80%/20%,	20%/80%, 60%/40%, 100%/0%	Ethyl alcohol was used as the secondary fluid at both condenser and evaporator	Hydrocarbon refrigerants are comparable to R22 and in some cases, hydrocarbon refrigerants have even higher performance than R22.	Chang et al. 2000

4.1. Refrigerant charge amount

The refrigerant charge amount is one of the key factors for HP system optimization, and normally indicated the pressure of condensing and entire system, which shifts the thermodynamic working cycle to upper levels in p-h diagram where pressures are higher due to more charge amount. Heating capacity increases with charge amount, however, there is an optimal charge for the maximum COP value, since the compressor power consumption increases with the refrigerant charge amount (Kim et al. 2014). The effect of the heat pump charge amount on the efficiency, power consumption and COP has been identified (Shen et al. 2009). Essentially, the thermodynamic cycle of the heat pump cannot be completed in undercharge situation and cycle is completely in the superheat side. On the other hand, in the overcharge situation, pressure is in high level and so more power consumed by compressor will be arisen. Therefore, in both overcharge and undercharge states, COP value will be lower than optimal point. The optimal charge of a heat pump device can be simply calculated as following chart (Fig.9). Independence of the refrigerant choice, safety and environmental issues is minimized by reducing the refrigerant charge to the optimal amount in heat pump or refrigeration systems (Fernando et al. 2004; Corberan 2011).

Fig. 10. shows too little charge and high charge influences on the COP value at different evaporation temperatures (-10, -2, +6 and +12 °C) but the same condensation temperature at 40 °C (Primal et al 2002; Poggi et al. 2008). Fig. 11 is presented to indicate COP as a function of the charge amount ratio at the fixed EEV opening. As seen in the figure, with CAR deviation from the optimum point, a decrease of COP value can be observed at undercharged and overcharged conditions.

Fig. 12 is another diagram to show that how COP value changes as a function of the charge amount. Firstly, COP moves up with high gradient on the chart until reaching maximum point. After passing through the peak point, adding more refrigerant causes a reduction in performance and COP value drops in the next stages. In the figure, condenser water flow rate impact on the COP have been tested in 0.05, 0.06, 0.10 and 0.1314 kg s⁻¹. Fig. 13 shows the variation of COP and used solar collector efficiency as a function of the refrigerant charge. In Fig. 14, variations of COP, cooling capacity and compressor work have been presented with respect to the normalized

charge. Finally, in Fig. 15 measured COP value and calculated by IMST-ART program were compared to each other when the charge varies in a wide range of refrigerant amount.

7. International regulations and trends in the new refrigerants

Refrigerants can be classified in fourth generation from 1830 to the present day (Calm, J. M. 2008).

First generation (1830-1930s): Whatever worked, could be used as a refrigerant such as, Ethers, CO₂, NH₃, CCL₄, CHC and etc.

Second generation (1930-1990s): Safety and durability was the most important factors and CFCs, HCFCs, HFCs, NH₃, H₂O, etc. were used in that period.

Third generation (1990-2010s): Ozone protection was considered as a mandatory requirement for the refrigerants features and HCFCs, HFCs, NH₃, H₂O, CO₂ were employed as common refrigerants.

Fourth generation (2010-): Global warming potential was taken into account and Zero ODP / low GWP refrigerants with high efficiency were provided.

There are many determinative international agreements on this subject. Protection of the Ozone Layer concluded from the Montreal Protocol is an international treaty provided to protect the ozone layer by phasing out the numerous substances that are responsible for ozone depletion. After first meeting in Helsinki, May 1989 several revisions were done in 1990 (London), 1991 (Nairobi), 1992 (Copenhagen), 1993 (Bangkok), 1995 (Vienna), 1997 (Montreal), 1998 (Australia), 1999 (Beijing) and 2016 (Kigali) (Bonciu et al. 2008 and Jensen et al. 2015).

As a result of the international agreement, the ozone hole in Antarctica is gradually recovering as a result of these international meetings and agreements (Thompson et al. 2011).

It has been indicated that the ozone layer will return to 1980 levels after 30-50 years (Douglass). In this regard a big challenge was started for global regulation with scientific consensus in collaboration and accordingly HFCs replaces cfc and HCFCs. HFCs aren't harmful for ozone layer because, they don't contain chlorine. On the other hand, however, their global warming

potential (GWP) is high comparing to that of cfcs and HCFCs.

All universal treaties have been remarkable in the expedience of the policy-making procedure at the worldwide scale, where only 14 years passed between a basic scientific work (1973) and the international agreements (1985 and 1987). After seven years of international consultations, at the 28th Meeting of the Parties to the Montreal Protocol in Kigali, the Parties to the Montreal Protocol adopted the Kigali Amendment whereby the Parties approved to phasedown HFCs in October 2016 (Bergeson 2017).

In general, hydrofluorocarbons (HFCs) are known as the most used F-gases (Fluorinated gases), which contain hydrogen, fluorine, and carbon, and are used in many applications including commercial refrigeration, heat pump and etc.

Perfluorocarbons (PFCs) and Sulphur hexafluoride (SF₆) are other Fluorinated gases whereby can be used as a refrigerant (Koskelainen 2016 and Sett et al. 2016).

Although they are ozone-friendly, safe and high performance, most F-gases have an approximately high global warming potential (Shiojiri et al. 2006). Regulation of F-gases have been considered in the International level as well as US and EU levels. It should be noted that, although regulation of HCFCs was conducted in the Montreal Protocol, there was no international treaty on the regulation of HFCs until late 2016 when the Kigali Agreement was signed.

8. Conclusions

Heat pump technology is mostly used for heat recovery from sustainable sources, such as water, air, ground and waste heat for upgrading ambient temperature. This technology may be employed for ambient heating or cooling, water heating, drying and freezing in residential, commercial and various industrial areas. In this paper, a number of previous researches has been carefully studied and a basic review of the recent literature on the heat pump systems, applications, refrigerants, thermodynamic cycles, energy and exergy analysis has been presented. It can be clearly extracted from the study that, along with the type of heat pump, many different parameters and innovative ways should be considered to obtain higher performance and efficiency. The multi-function HPs, new sources, waste heat, refrigerant optimization and geographical features are some of the main parameters which are great research area and promising strategies for the future studies. In

general, however, the average of maximum obtained performance value from the recent studies is approximately between 3.5 and 4.5. This study provides practical information useful to select a particular type and install a heat pump system for industrial production.

Acknowledgments

This review study was supported by Ataturk University, Erzurum Technical University and Università Politecnica delle Marche. The authors gratefully acknowledge the support of this study.

References

- Afshari, F., Comakli, O., Adiguzel, N., Karagoz, N., (2016a). Optimal Charge Amount for Different Refrigerants in Air-to-Water Heat Pumps. *Iran. J. Sci. Technol. Trans. Mech.* 40 (4), 325-335. doi 10.1007/s40997-016-0028-2
- Afshari, F., Comakli, O., Ozdemir, N., Ghasemi Zavaragh, H., (2016b). Influence of refrigerant properties and charge amount on performance of reciprocating compressor in air source heat pump. *J. Energy Engineering* doi: 10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000377
- Afshari, F., Comakli, O., Lesani, A., Karagoz, S., (2017). Characterization of lubricating oil effects on the performance of reciprocating compressors in air–water heat pumps. *Int. J. Refrigeration*, 74, 503–514, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2016.11.017
- Afshari, F., Comakli, O., Karagoz, S., Ghasemi Zavaragh, H., (2018). A Thermodynamic Comparison Between Heat Pump and Refrigeration Device Using Several Refrigerants. *Energy and Buildings*, doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.037
- Aktas, M., Khanlari, A., Amini, A., Sevik, S. (2017). Performance analysis of heat pump and infrared–heat pump drying of grated carrot using energy-exergy methodology. *Energy Conversion and Management* 132, 327–338, doi.org/10.1016/j.enconman.2016.11.027
- Aktas, M., Sevik, S., Amini, A., Khanlari, A. (2016). Analysis of drying of melon in a solar-heat recovery assisted infrared dryer. *Solar Energy* 137, 500–515, doi.org/10.1016/j.solener.2016.08.036
- Ameen, A., Bari, S., (2004). Investigation into the effectiveness of heat pump assisted clothes dryer for humid tropics. *Energy Conversion and Management* 45, 1397–1405,

doi.org/10.1016/j.enconman.2003.09.001

Arpagaus, C., Bless, F., Schiffmann, J., Bertsch, S. (2016). Multi-temperature heat pumps: A literature review, *Int. J. Refrigeration*, 69, 437–465, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2016.05.014

Arteconi, A., Brandoni, C., Rossi, G., Polonara, F. (2013), Experimental evaluation and dynamic simulation of a ground coupled heat pump for a commercial building, *Int. J. Energy Res.*, 37, 1971–1980, doi: 10.1002/er.3059

Bakirci, K., et al. (2011). Energy analysis of a solar-ground source heat pump system with vertical closed-loop for heating applications. *Int. J. Energy*, 36(5), 3224–3232, doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.011

Beshr, M., Aute, V., Sharma, V., Abdelaziz, O., Fricke, B., Radermacher, R., (2015). A comparative study on the environmental impact of supermarket refrigeration systems using low GWP refrigerants, *Int. J. Refrigeration*, 56, 154-164, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.03.025

Bejan, A., (2002). Fundamentals of exergy analysis, entropy generation minimization, and the generation of flow architecture, *Int. J. Energy Res.*, 26, 545-565, doi: 10.1002/er.804

Bergeson, L. L. (2017). The Montreal Protocol is Amended and Strengthened. *Environmental Quality Management*, 26(3), 137-141.

Bianco, V., Scarpa, F., Tagliafico, L. A. (2017-a). Estimation of primary energy savings by using heat pumps for heating purposes in the residential sector. *Applied Thermal Engineering* 114, 938-947. doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.12.058

Bianco, V., Righi, D., Scarpa, F., Tagliafico, L. A. (2017-b). Modeling energy consumption and efficiency measures in the Italian hotel sector. *Energy and Buildings* 149, 329-338, doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.077

Bilen, K., Ozyurt, O., Bakırcı, K., Karşlı, S., Erdogan, S., Yılmaz, M., Comaklı, O. (2008). Energy production, consumption, and environmental pollution for sustainable development: A case study in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 1529–1561, doi.org/10.1016/j.rser.2007.03.003

Bjork, E. Palm, B. (2006). Refrigerant Mass Charge Distribution in a Domestic Refrigerator. Part I: Transient Conditions, *Int. J. Applied Thermal Engineering*, 26, 829 – 837, doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2005.10.003

Bolaji, B.O. Huan, Z. (2013). Ozone depletion and global warming: Case for the use of natural

refrigerant – a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 49-54, doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.008

Bonciu, F., and Poenaru, L. (2008). Kyoto Protocol-a milestone on the road to a low carbon economy. *Romanian Economic and Business Review*, 3(2), 7.

Caglar, A., Yamalı, C. (2012). Performance analysis of a solar-assisted heat pump with an evacuated tubular collector for domestic heating, *Energy and Buildings* 54, 22–28, doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.003

Cakır, U., Comaklı, K., Comaklı, O., Karşlı, S. (2013). An experimental exergetic comparison of four different heat pump systems working at same conditions: As air to air, air to water, water to water and water to air, *Energy*, 58, 210-219, doi.org/10.1016/j.energy.2013.06.014

Calm, J. M. (2008). The next generation of refrigerants–Historical review, considerations, and outlook. *international Journal of Refrigeration*, 31(7), 1123-1133.

Cecchinato, L., Chiarello, M., Corradi, M., Fornasieri, E., Minetto, S., Stringari, P. (2009). Thermodynamic analysis of different two-stage transcritical carbon dioxide cycles. *Int. J. Refrigeration* 32, 1058–1067. doi:10.1016/j.ijrefrig.2008.10.001

Chang, Y.S., Kim, M.S., Ro, S.T. (2000). Performance and heat transfer characteristics of hydrocarbon refrigerants in a heat pump system, *Int. J. Refrigeration*, 23, 232-242, doi.org/10.1016/S0140-7007(99)00042-0

Chen, W., Liang, S., Guo, Y., Cheng, K., Gui, X., Tang, D. (2013). Investigation on the thermal performance and optimization of a heatpump water heater assisted by shower waste water, *Energy and Buildings* 64, 172–181, doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.04.021

Cho, H., Ryu, C., Kim, Y., Kim, H. (2005). Effects of Refrigerant Charge Amount on the Performance of a Transcritical CO₂ Heat Pump, *Int. J. Refrigeration*, 28, 1266 – 1273, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2005.09.011

Choi, H., Cho, H. Choi, J. (2012). Refrigerant Amount Detection Algorithm for a Ground Source Heat Pump Unit, *Int. J. Renewable Energy*, 42, 111-117, doi.org/10.1016/j.renene.2011.08.055

Choi, J.M., Kim, Y.C. (2002), The effects of improper refrigerant charge on the performance of a heat pump with an electronic expansion valve and capillary tube, *Energy*, 27, 391–404, doi.org/10.1016/S0360-5442(01)00093-7

Choi, J.M., Kim, Y.C. (2004), Influence of the expansion device on the performance of a heat

- pump using R407C under a range of charging conditions, *Int. J. Refrigeration*, 27, 378–384, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2003.12.002
- Chou SK, Chua KJ, Ho JC, Ooi CL. (2004). On study of an energy efficient greenhouse for heating, cooling and dehumidification applications. *Applied Energy*, 77, 355-73, doi.org/10.1016/S0306-2619(03)00157-0
- Comaklı, O., Comaklı, K., Ozdemir, N., and Yilmaz, M. (2010). Analysis of heat pumps with zeotropic refrigerant mixtures by TAGUCHI method. *J. Therm. Sci. Technol.*, 30(2), 113–122
- Comakli, .O., Yuksel, B., Kara, YA., Caglar, A., Tulek, Y. (1994). Heat pump utilization in milk pasteurization. *Energy Conversion Management* 35(2), 91–96, doi.org/10.1016/0196-8904(94)90067-1
- Comakli, O., Celik, C., Erdogan, S., (1999). Determination of optimum working conditions in heat-pumps using nonazeotropic refrigerant mixtures, *Energy Conversion and Management* 40, 193-203, doi.org/10.1016/S0196-8904(98)00047-8
- Comakli, K., Simsek, F., Comakli, O., Sahin, B. (2009). Determination of optimum working conditions R22 and R404A refrigerant mixtures in heat-pumps using Taguchi method, *Applied Energy* 86, 2451-2458, doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.03.003
- Corberan, J., Martinez, I. Gonzalez, J. (2008). Charge Optimization Study of a Reversible Water-to-Water Propane Heat Pump, *Int. J. Refrigeration*, 31, 716-726
- Corberan, J., Martinez, I. Martinez-Ballester, S., Gonzalez-Macia, J. Royo-Pastor, R. (2011). Influence of the Source and Sink Temperatures on the Optimal Refrigerant Charge of a Water-to-Water Heat Pump, *Int. J. Refrigeration*, 34, 881 – 892, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2011.01.009
- Catton, W., Carrington G, Sun Z. (2011). Exergy analysis of an isothermal heat pump dryer. *Energy*; 36 (5), 4616-24, doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.038
- Dang, Y., Kamiaka, T., Dang, C., Hihara, E., (2015). Liquid viscosity of low-GWP refrigerant mixtures (R32 + R1234yf) and (R125 + R1234yf), *J. Chem. Thermodynamics*, 89, 183–188, doi.org/10.1016/j.jct.2015.05.009
- d’Angelo, j., Aute, V., Rademacher, R., (2016). Performance evaluation of a vapor injection refrigeration system using mixture refrigerant R290/R600a, *Int. J. Refrigeration*, 65, 194–208, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2016.01.019
- Deng, S., Han, H. (2004). An experimental study on clothes drying using rejected heat (CDURH)

- with split-type residential air conditioners. *Applied Thermal Engineering*, 24, 2789–2800, doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2004.03.016
- Dikici, A., Akbulut, A., (2011). An exergetic performance evaluation of multiple source heat pump systems. *Energy Sources Part A*, 33, 1117–1138. doi:10.1080/15567030902780402
- Dikici, A., Akbulut, (2008). A Performance characteristics and energy–exergy analysis of solar-assisted heat pump system, *Building and Environment*, 43, 1961-1972, doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.11.014
- Dincer, I. (2002). The role of exergy in energy policy making, *Energy Policy*, 30, 137-149, doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00079-9
- Dincer, I., Kanoglu, M., (2010). *Refrigeration Systems and Applications*, 2nd ed. Refrigeration Systems and Applications (Ed.), JohnWiley and Sons, Ltd
- Di Nicola, G., Di Nicola, C., Moglie, M. (2013). A New Surface Tension Equation for Refrigerants. *Int J Thermophys*, 34, 2243-2260, doi:10.1007/s10765-011-0991-1
- Di Nicola, G., Coccia, G., Pierantozzi, M. (2016). A semi-empirical correlation for the estimation of the second virial coefficients of refrigerants, *Int. J. Refrigeration*, 68, 242-251, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2016.04.016
- Di Nicola, G., Moglie, M. (2011). A generalized equation for the surface tension of refrigerants, *Int. J. Refrigeration*, 34, 1098-1108, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2011.02.008
- Di Nicola, G., Giuliana, G., Polonara, F., Stryjek, R. (2005). Blends of carbon dioxide and HFCs as working fluids for the low-temperature circuit in cascade refrigerating systems, *Int. J. Refrigeration*, 28, 130–140, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2004.06.014
- Di Perna, C., Magri, G., Giuliani, G., Serenelli, G. (2015). Experimental assessment and dynamic analysis of a hybrid generator composed of an air source heat pump coupled with a condensing gas boiler in a residential building, *Appl. Therm. Eng.*, 76, 86-97, doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.10.007
- Douglass, Anne R., Paul A. Newman, and Susan Solomon. "The Antarctic ozone hole: An update." (2014).
- Dutra, T., and Deschamps, C. (2013). Experimental characterization of heat transfer in the components of a small hermetic reciprocating compressor. *Appl. Therm. Eng.*, 58(1–2), 499–510, doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.04.039

- Erdila, A., Erbiyika, H. (2015). Renewable Energy Sources of Turkey and Assessment of Sustainability, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 207, 669 – 679, doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.137
- Estela-Urbe, J.F. (2014). Helmholtz energy and extended corresponding states model for the prediction of thermodynamic properties of mixtures of refrigerants, *Fluid Phase Equilibria*, 378, 60–72, doi.org/10.1016/j.fluid.2014.06.027
- Fernando, P., Palm, B., Lundqvist, P. Granryd, E. (2004). Propane Heat Pump with Low Refrigerant Charge: Design and Laboratory Tests, *Int. J. Refrigeration*, 27, 761-773, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2004.06.012
- Frenkel, M., Chirico, R.D., Diky, V., Muzny, C., Kazakov, A.F., Magee, J.W., Abdulagatov, I.M., Kroenlein, K., Diaz-Tovar, C.A., Kang, J.W., Gani, R., (2011). NIST Standard Reference Database 103b, NIST ThermoData Engine (TDE), Version 7.0. Standard Reference Data Program, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD
- Gaigalis, V., Skema, R., Marcinauskas, K., Korsakiene, I. (2016). A review on Heat Pumps implementation in Lithuania in compliance with the National Energy Strategy and EU policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 53, 841-858. doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.029
- Gang, P., Guiqiang, I., Jie, J. (2011). Comparative study of air-source heat pump water heater systems using the instantaneous heating and cyclic heating modes, *Applied Thermal Engineering*, 31, 342-347, doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.09.020
- Gupta, R., Irving, R. (2014). Possible effects of future domestic heat pump installations on the UK energy supply. *Energy and buildings* 84, 94-110, doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.076
- Hammad, M.A. Alsaad, M.A. (1999). The use of hydrocarbon mixtures as refrigerants in domestic refrigerators, *Applied Thermal Engineering*, 19, 1181-1189, doi.org/10.1016/S1359-4311(98)00116-1
- He, M., Qi, X., Liu, X., Su, C., Lv, N. (2015). Estimating the viscosity of pure refrigerants and their mixtures by free-volume theory, *Int. J. Refrigeration*, 54, 55 -66, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.03.010
- James, M. Calm, P. (2007). Refrigerant Data Update, heating, piping, Air conditioning engineering, 79(1): 50-64
- Jensen, N. R., Putaud, J. P., & Borowiak, A. (2015). Literature Review on ODS (Ozone

Depleting Substances) Measurement Methods and Data. Publications Office of the European Union: Ispra, Italy.

Ji, J., He, H., Chow, T., Pei, G., He, W., Liu, K. (2009). Distributed dynamic modeling and experimental study of PV evaporator in a PV/T solar-assisted heat pump, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 52, 1365–1373, doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2008.08.017

Jung, D., Lee, Y., Park, B., Byounga, K., (2000). A study on the performance of multi-stage condensation heat pumps. *Int. J. Refrigeration* 23, 528–539. doi:10.1016/S0140-7007(99)00083-3

Kavak Akpınar, E., Hepbas, A. (2007). A comparative study on exergetic assessment of two ground-source (geothermal) heat pump systems for residential applications. *Build Environ*, 42(5), 2004-13, doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.04.001

Karagoz, S., Yilmaz, M., Comakli, O., Ozyurt, O. (2004). R134a and various mixtures of R22/R134a as an alternative to R22 in vapour compression heat pumps, *Energy Conversion and Management*, 45, 181–196, doi.org/10.1016/S0196-8904(03)00144-4

Kim, D., Park, h., Kim, M., (2014). The effect of the refrigerant charge amount on single and cascade cycle heat pump systems, *Int. J. Refrigeration*, 40, 254-268, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.10.002

Kong, X.Q. Zhang, D., Li, Y., Yang, Q.M. (2011). Thermal performance analysis of a direct-expansion solar-assisted heat pump water heater, *Energy*, 36, 6830-6838, doi.org/10.1016/j.energy.2011.10.013

Koskelainen, M. (2016). Fluorinated gas regulations-changes and impact on the RAC equipment.

Kwon Kim, J., and Kim, J. (2014). Modulation characteristics of a linear compressor for evaporating and condensing temperature variations for household refrigerators. *Int. J. Refrigeration*, 40, 370–379, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.12.006

Kwon, O., Cha, D., Park, C. (2013). Performance evaluation of a two-stage compression heat pump system for district heating using waste energy, *Energy*, 57, 375-381, doi.org/10.1016/j.energy.2013.05.012

Latini, G., Passerini, G., Polonara, F. (1999). A New Approach to the Evaluation of Transport Properties of Azeotropic and Quasi-Azeotropic Refrigerant Mixtures, *International Journal of Thermophysics*, 20 (1), 73-84, doi:10.1023/A:1021474029285

Latini, G., Passerini, G., Polonara, F. (1996). A Prediction Method for Thermal Conductivity of

Alternative Refrigerants in the Liquid Phase, International Journal of Thermophysics, 17 (1), 85-98, doi:10.1007/BF01448212

Lemmon, E.W., Huber, M.L., McLinden, M.O., (2013). NIST Standard Reference Database 23, NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties dREFPROP, Version 9.1. Standard Reference Data Program, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD

Li, T.X. Guo, K.H., Wang, R.Z., (2002). High temperature hot water heat pump with non-azeotropic refrigerant mixture HCFC-22/HCFC-141b, Energy Conversion and Management, 43, 2033–2040, doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00150-9

Lohani, SP. (2010). Energy and exergy analysis of fossil plant and heat pump building heating system at two different dead-state temperatures. Energy, 35, 3323-31, doi.org/10.1016/j.energy.2010.04.018

Lottin, O., Guillemeta, P., Lebreton, J., (2003). Effects of synthetic oil in a compression refrigeration system using R410A. Part I: modelling of the whole system and analysis of its response to an increase in the amount of circulating oil. Int. J. Refrigeration, 26, 772–782. doi:10.1016/S0140-7007(03) 00064-1

McLinden, M. O., Kazakov, A.F., Brown, J.S., Domanski, P.A. (2014). A thermodynamic analysis of refrigerants: Possibilities and tradeoffs for Low-GWP refrigerants, Int. J. Refrigeration, 3880-92, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.09.032

Mota-Babiloni, A., Navarro-Esbri, J., Barragan-Cervera, A., Moles, F. Peris, B. (2015). Analysis based on EU Regulation No 517/2014 of new HFC/HFO mixtures as alternatives of high GWP refrigerants in refrigeration and HVAC systems, Int. J. Refrigeration, 52, 21 -31, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.12.021

Nam, D., Lee, P., Lee, G., Kwon, Y., Lee, J., (2015). Optimization of an oil charge amount on electric driven scroll compressor for eco-friendly vehicle. Int. J. Refrigeration 57, 54–61. doi:10.1016/ j.ijrefrig.2015.05.009

Nanxi, L., Shi, L., Lizhong, H., Mingshan, Z. (2005). Moderately high temperature water source heat-pumps using a near-azeotropic refrigerant mixture, Applied Energy 80, 435–447, doi.org/10.1016/j.apenergy.2004.02.005

- Oktay, Z., Hepbasli, A., (2003). Performance evaluation of a heat pump assisted mechanical opener dryer. *Energy Conversion and Management* 44, 1193–1207, doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00140-1
- Ozgener, O., Hepbasli, A. (2005a). Experimental performance analysis of a solar assisted ground-source heat pump greenhouse heating system. *Energy and Buildings* 37, 101–110, doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.06.003
- Ozgener, O., Hepbasli, A. (2005b). Exergoeconomic analysis of a solar assisted ground-source heat pump greenhouse heating system. *Applied Thermal Engineering* 25, 1459–1471, doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2004.09.015
- Ozgener, O., Hepbasli, A. (2007a). A parametrical study on the energetic and exergetic assessment of a solar assisted vertical ground source heat pumps system used for heating a greenhouse. *Build Environ*, 42, 11-24, doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.003
- Ozgener, O., Hepbasli, A., (2007b). A review on the energy and exergy analysis of solar assisted heat pump systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11, 482-496, doi.org/10.1016/j.rser.2004.12.010
- Ozyurt, O., Comakli, O., Yilmaz, M., Karsli, S. (2004). Heat pump use in milk pasteurization: an energy analysis, *Int. J. Energy Res.*; 28, 833–846 (doi: 10.1002/er.999)
- Ozyurt, O., Ekinci, D. (2011). Experimental study of vertical ground-source heat pump performance evaluation for cold climate in Turkey, *Applied Energy* 88, 1257–1265, doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.10.046
- Palm, B. (2007). Refrigeration Systems with Minimum Charge of Refrigerant, *Int. J. Applied Thermal Engineering*, 27, 1693 – 1701, doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2006.07.017
- Pan, L., Wang, H., Chen, Q., Chen, C., (2011). Theoretical and experimental study on several refrigerants of moderately high temperature heat pump. *Applied Thermal Engineering* 31, 1886-1893, doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.02.035
- Perez-Lombard, L., Ortiz, J., and Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Int. J. Energy Build.*, 40(3), 394–398, doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007
- Pettersen, J., Hafner, A., Skaugen, G. (1998). Development of compact heat exchangers for CO2 air-conditioning systems. *Int. J. Refrig.*, 21(3), 180-193, doi.org/10.1016/S0140-7007(98)00013-9

- Phetteplace, G. (2007). Geothermal heat pumps. *J. Energy Eng.*, 10.1061/(ASCE)0733-9402(2007)133:1(32), 32–38
- Poggi, F., Macchi-Tejeda, H., Leducq, D. Bontemps, A. (2008). Refrigerant Charge in Refrigerating Systems and Strategies of Charge Reduction, *Int. J. Refrigeration*, 31, 353 – 370, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2007.05.014
- Primal, F., et al., (2002). The behaviour of small capacity (5 kW) heat pump with micro-channelled flat tube heat exchangers. In: *Zero Leakage – Minimum Charge*. CZ9, Stockholm, Sweden, pp. 179–186
- Rasti, M., Hatamipour, M.S., Aghamiri, S.F., Tavakoli, M. (2012). Enhancement of domestic refrigerator's energy efficiency index using a hydrocarbon mixture refrigerant, *Measurement* 45, 1807–1813, doi.org/10.1016/j.measurement.2012.04.002
- Rigola, J., and Perez-Segarra, C., and Oliva, A. (2005). Parametric studies on hermetic reciprocating compressors. *Int. J. Refrigeration*, 28(2), 253–266, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2004.06.013
- Rosen, MA., Dincer, I. (2004). Effect of varying dead-state properties on energy end exergy analyses of thermal systems. *Int J Therm Sci*, 43(2), 121-33, doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2003.05.004
- Rosen, M.A. Dincer, I. (2003). Exergy–cost–energy–mass analysis of thermal systems and processes, *Energy Conversion and Management*, 44, 1633-1651, doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00179-6
- Rosen, M.A., Dincer, I., Kanoglu, M. (2008). Role of exergy in increasing efficiency and sustainability and reducing environmental impact, *Energy Policy*, 36, 128–137, doi.org/10.1016/j.enpol.2007.09.006
- Sarbu, I. (2014). A review on substitution strategy of non-ecological refrigerants from vapour compression-based refrigeration, air-conditioning and heat pump systems, *Int. J. Refrigeration*, 46123-141, doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.04.023
- Sett, R., & Kundu, M. (2016). Epiphytic lichens: Their usefulness as bio-indicators of air pollution. *Donnish Journal of Research in Environmental Studies*, 3(3), 17-24.
- Sharma, V., Fricke, B., Bansal, P., (2014). Comparative analysis of various CO2 configurations in

supermarket refrigeration systems. Int. J. Refrigeration 46, 86–99.
doi:10.1016/j.ijrefrig.2014.07.001

Shen, B., Braun, J. E., Groll. E. A. (2009). Improved methodologies for simulating unitary air conditioners at off-design conditions." international journal of refrigeration 32.7: 1837-1849.

Shiojiri, K., Yanagisawa, Y., Yamasaki, A., & Kiyono, F. (2006). Separation of F-gases (HFC-134a and SF6) from gaseous mixtures with nitrogen by surface diffusion through a porous Vycor glass membrane. Journal of membrane science, 282(1-2), 442-449.

Stoecker, W.F., (1998). Industrial Refrigeration Handbook. McGraw-Hill

Thompson, D. W., Solomon, S., Kushner, P. J., England, M. H., Grise, K. M., & Karoly, D. J. (2011). Signatures of the Antarctic ozone hole in Southern Hemisphere surface climate change. Nature Geoscience, 4(11), 741.

Torres Reyes, E., Picon Nunez, M., Cervantes De GJ. (1998). Exergy analysis and optimization of a solar assisted heat pump. Energy, 23(4), 337-44, doi.org/10.1016/S0360-5442(97)00079-0

Uhlmann, M., Heldstab, A., Bertsch, S., (2014). OptiRef: heat pump with two heat sources at different temperature levels, paper 2142. International Refrigeration and Air Conditioning Conference, Purdue, Paper 1372. pp. 1–10

Venkataramanamurthy VP, Kumar Senthil P. (2010). Experimental comparative energy, exergy flow and second law efficiency analysis of R22, R 436b vapour compression refrigeration cycles. Int J Eng Sci, 2(5), 1399-412

Wang, S. (2000). Handbook of air conditioning and refrigeration, 2nd Ed., McGraw-Hill, New York.

Yamaguchi, S., Kato, D., Saito, K., Kawai, S., (2011). Development and validation of static simulation model for CO2 heat pump, International Journal of Heat and Mass Transfer 54, 1896–1906, doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.01.013

Yan, G., Bai, T., Yu, J. (2016). Energy and exergy efficiency analysis of solar driven ejector–compressor heat pump cycle, Solar Energy 125, 243–255.
doi.org/10.1016/j.solener.2015.12.021

Yari, M., (2009). Second law optimization of two-stage transcritical CO2 refrigeration cycles in the cooling mode operation. Proc. Inst. Mech. Eng. Part A J. Power Energy 223, 551.

doi:10.1243/09576509JPE682

Yumrutas, R., Kunduz, M., Kanoglu, M. (2002). Exergy analysis of vapor compression refrigeration systems, Exergy, an International Journal 2, 266-272, doi.org/10.1016/S1164-0235(02)00079-1

Yumrutas, R., Unsal, M., (2012). Energy analysis and modeling of a solar assisted house heating system with a heat pump and an underground energy storage tank. Solar Energy, 86, 983–993, doi.org/10.1016/j.solener.2012.01.008

Zhang, D., Wu, Q.B., Li, J.P. Kong, X.Q. (2014). Effects of Refrigerant Charge and Structural Parameters on the Performance of a Direct-Expansion Solar-Assisted Heat Pump System, Int. J. Applied Thermal Engineering, 73, 520-526, doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.07.077

Zheng, Z., Xu, Y., Dong, J., Zhang, L., Wang, L. (2015). Design and experimental testing of a ground source heat pump system based on energy-saving solar collector. J. Energy Eng., doi.org/10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000288, 04015022

TRAKTÖR KABİN NUMUNESİ EĞİLME TESTLERİNİN SONLU ELEMANLAR METODU VE DENEYSEL ÇALIŞMALARLA MODELLENEREK YAPILMASI

Umut Doğan

Yüksek Lisans Öğrencisi, Gazi Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Maltepe, Ankara.

Ezgi Günay

Doç. Dr., Gazi Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Maltepe, Ankara.

ÖZET

Tekerlekli tarım traktörlerinde devrilmeye karşı koruyucu yapıların analizleri hem ticari hem de mühendislik açısından oldukça önem taşımaktadır. Bu nedenle literatürde bu konuda yapılmış güncel çalışmalar sıkça görülmektedir. Yapılan çalışmalarda, devrilme sonucu oluşan hasarın minimuma indirilmesi ile insan ve maliyet faktörlerinin en az zararlı ortamlarda

kalması sağlanmak istenmektedir.

Tarım traktörlerinin devrilme analizini gerçekleştirmek için Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) tarafından belirlenmiş olan Code 4 standardı uygulanmaktadır. Koruyucu yapı olarak adlandırılan traktör kabinine standartta belirlenen sınır şartlarında devrilmeyi temsil eden farklı yönlerden darbe yüklemeleri uygulanır. Yüklemeler sonucunda kabinde oluşan deformasyon miktarının sürücü güvenliğini ihlal etmeyecek seviyelerde kalması amaçlanmaktadır. Deneysel çalışmalarla, “üç nokta eğilme testi”ne ait standartlar uygulanarak standartlarda belirtilen güvenlik sınırları içinde kalıp kalmadığı, eğilmiş numuneye ait bütün karakteristik değerler belirlenebilmektedir.

Bu çalışmanın birinci aşamasında, traktörün yan cephesinden alınan numune üç nokta eğilme testine tabi tutularak $\Delta F - \Delta X$ (Yük – Yer değiştirme) ve $\sigma - \varepsilon$ (Gerilme – Gerinim) eğrileri küçük zaman aralıklarında küçük yük artışı uygulanarak elde edilmiştir. Bu sebeple koruyucu yapının yapısal karakteristiğini temsil eden kafes yapı elemanlarından çevresel kaynakla birleştirilen üç parça deney numunesi olarak oluşturularak test edilmiş, sonuçlar grafiksel olarak test cihazından elde edilmiştir. Deneyden elde edilen veriler ANSYS koduna aktarılmıştır. İkinci aşamada, testi yapılan numunenin “üç nokta eğilme testi” ANSYS sonlu elemanlar kodu ile bilgisayar ortamında modellenerek yapılmış, analizlerde önce elastik daha sonra da plastik bölgelerde S235JR çelik malzeme davranışı incelenmiş, analiz sonuçları grafiksel olarak ($\Delta F - \Delta X$) elde edilmiştir. Yapılan çalışma kapsamında deneysel ve SEY(Sonlu Elemanlar Yöntemi) sonuçları karşılaştırılarak numunedeki hasar tespitinin detaylı incelenmesi; geometri değişimi, kullanılan malzeme, kaynak bölgesi deformasyonu, deney şartlarının yarattığı hatalar ve sayısal çözümlemedeki kabuller (uygulanan sınır şartları ve yükleme) açıklanarak yapılmıştır. Yapılan çalışmaya ait sonuçlar uluslararası güncel literatür sonuçları ile karşılaştırılarak açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Traktör, Kabin, Devrilme, SEY, Üç nokta eğilme testi, Temas, Deformasyon, S235JR.

1. GİRİŞ

Kara taşıtlarında devrilme ile meydana gelen kazaların önlenmesi amacıyla ürünün tasarımı aşamasında, kabinlerin çeşitli test şartlarına uygunluğu kontrol edilerek güvenlik faktörleri temin edilmektedir. Otobüs tipi ticari araçlar için bu test şartları Avrupa Ekonomik Topluluğu (ECE) tarafından belirlenmiş olan ECE-R66 standardı ile sağlanmaktadır [1]. Bunun için taşıtın ya tamamına, ya da tamamını temsil edebilecek bir kesitine standart bir devrilme testi uygulanarak taşıtın kritik devrilme şartlarına ait sertifikasyonu alınarak belgelendirilir. Bu işlemin başka bir yöntemi ise taşıtın bilgisayar destekli mühendislik yazılımları kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi (SEY) olarak da adlandırılan nümerik modelinin hazırlanması ve devrilme benzetiminin bilgisayar ortamında oluşturulmasıdır.

Phadatare ve Hujare [2] çalışmalarında sonlu elemanlar metodu ile otobüsün devrilme analizini

yapmışlardır. Sonlu elemanlar modelini oluşturmada “Hypermesh” yazılımı ile birlikte “LS Dyna explicit çözücü” kullanmıştır. Literatürde yapılan analiz sonucunda zayıf görülen bölgelere destek parçalar ilave edilerek yapı güçlendirilmiştir. İlgili literatürde dikdörtgen kesitli metal malzemeye “üç nokta eğilme testi” uygulanarak yapılan nümerik modelleme ve analizin doğruluğu incelenmiştir. Belsare, Pathak ve Kulkarni [3] tarafından yapılan çalışmada ise otobüs tipi araç için devrilme analizi AIS-031 standardına göre yapılmıştır. Bu çalışmada sonlu elemanlar modelinin oluşturulması ve analizin çözümünde “Radioss” yazılımı kullanılmıştır. Malzeme mekanik özelliklerinin tespiti için numune malzeme üzerinden çekme testi yapıp gerçek gerilme-gerinim eğrisi elde edilerek yazılıma tanıtılmıştır. Benzer yöntemler kullanılarak Tar [4] tarafından yapılan çalışmada da minibüs tipi ticari bir aracın devrilme analizi yapılmıştır. Analizin doğrulanması için kafes yapıyı temsil eden kaynaklı bağlantı grubu “üç nokta eğilme testi”ne tabi tutularak yük-yer değiştirme eğrileri elde edilmiş ve sonuçlar analiz sonucu elde edilen eğrilerle karşılaştırılmıştır.

Tekerlekli tarım traktörlerinde ise devrilmeye karşı koruyucu yapıların Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) tarafından belirlenmiş olan Code 4 standardına göre fiziki olarak test edilmeleri gerekmektedir [5]. Bilgisayar ortamında yapılan analiz ECE-R66 standardında belirlendiği gibi başlı başına bir kabul metodu değildir. Yine de traktör kabinlerinin test şartlarına uygunluğunun kontrolü, olası zaman ve maliyet kayıplarının önüne geçilmesi amacıyla fiziki testler öncesinde sonlu elemanlar metodu ile bilgisayar ortamında mukavemet analizi yapılarak elde edilmektedir. Bunun için önce kabinin bilgisayar ortamında gerçeğe yakın benzetimi hazırlanır, daha sonra ise belirlenen test şartlarına uygun nümerik modelinden çözüm elde edilir.

Sunulan bu çalışmada söz konusu nümerik modelde kullanılan çözüm tekniğinin doğrulanması amacıyla otobüs tipi taşıtlarda kullanılan metod traktör tipi taşıtlara uyarlanmaktadır. Bu sebeple kabinin yan kısmından seçilerek oluşturulan numuneler “üç nokta eğilme testi”ne tabi tutulmuştur. Elde edilen deneysel sonuç grafikleri, seçilen yapının bilgisayar ortamında nümerik çözümüne yardımcı olmakla beraber, sayısal çözümlemeden elde edilen grafikler ile karşılaştırmada da kullanılmışlardır.

Bu çalışmada yapılan ana basamaklar aşağıdakilerdir:

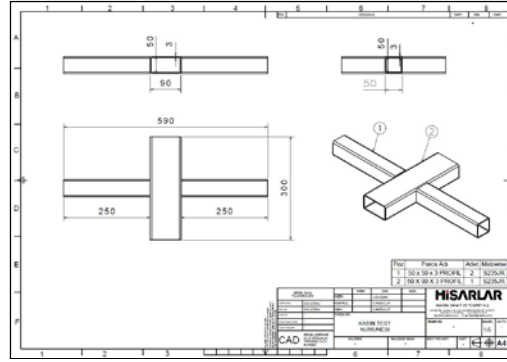
- Kabin yan cephesinden çıkarılan S235JR malzemesinden hazırlanmış iki test numunelerinin eğilme sonucu oluşturacağı deformasyonu ölçmek için “üç nokta eğilme testi” nin (ASTM E290) yapılması,
- Ansys WB analiz koduyla modellenerek aynı “üç nokta eğilme testi” nin ikili doğrusal (bilineer) eğilme rijitliği çözümleme şartlarında çelik malzeme için analizinin yapılması,
- Deneysel ve nümerik çalışma sonuçları grafiklerle karşılaştırılarak genel bir sonuç elde edilmiştir.

2. ÜÇ NOKTA EĞİLME TESTİ İLE DENEYSEL ÇALIŞMA

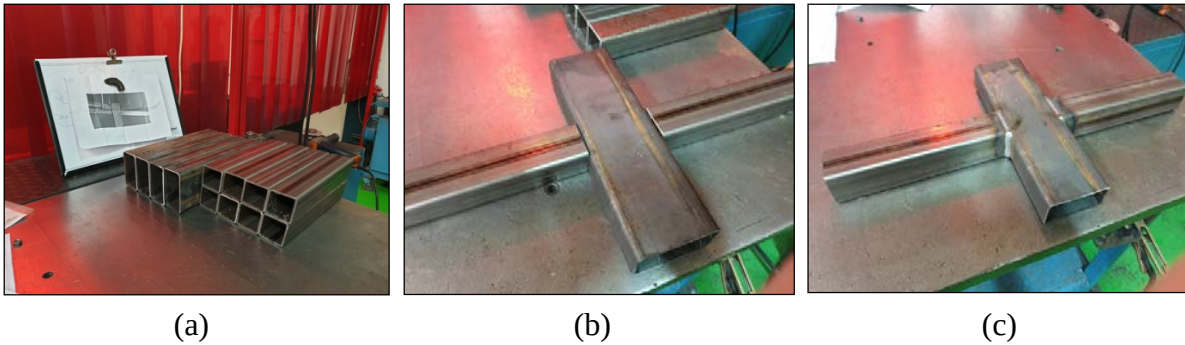
ECE-R66 standardına göre taşıtın devrilme testleri için birbirinin alternatifi olan dört farklı yöntemden herhangi biri seçilebilmektedir. Bunlar;

- Tam ölçekli bir taşıtın devrilme testi,
- Taşıtın tamamını temsil eden kesitinin testi,
- Taşıt kesitinin “sanki-statik” (quasi-static) yükleme testi,
- Taşıtın devrilme testinin nümerik simülasyonudur.

Traktör kabini devrilme testinin nümerik analizinin doğru bir şekilde yapıldığından emin olmak için taşıtın yan kısmından alınan numuneler üç nokta eğilme testine tabi tutulur. Benzer yöntemi traktör kabinlerinde kullanmak amacıyla kabinin sol yan tarafını temsil eden numuneler oluşturulmuştur (Şekil 2.1, Şekil 2.2).



Şekil 2.1. Deney numunesi teknik resmi



Şekil 2.2. Üç nokta eğilme testi numunesinin hazırlanması a) Dört numunelik parçaların bir arada görünüşü, b) Birleştirme öncesi hazırlık, c) Kaynaklı birleştirme ile oluşturulmuş numune

Test için UTEST marka UTC-4870 modeli çekme test cihazı kullanılmıştır [6]. Servo kontrollü,

servo valfli otomatik güç ünitesi kullanılarak çekme test cihazının kontrolü sağlanmış ve sonuç grafikleri elde edilmiştir (Şekil 2.3).



(a) (b)
Şekil 2.3. Test cihazı (a) Çekme test cihazında yapılan eğilme test ortamı, (b) Servo kontrollü güç ve bilgisayar ünitesi [7]

Test yöntemi olarak “TS EN ISO 7438 Metalik malzemeler - Eğme deneyi” standardı kullanılmıştır [8]. Mesnetler arası mesafe aşağıdaki eşitliğe göre belirlenmiştir.

$$C = 2r + 3t \pm t/2 \quad (2.1)$$

Burada;

C : Mesnetler arası mesafe,

r : Mesnet ve mandrel yarı çapları,

t : Numune kesit kalınlığıdır.

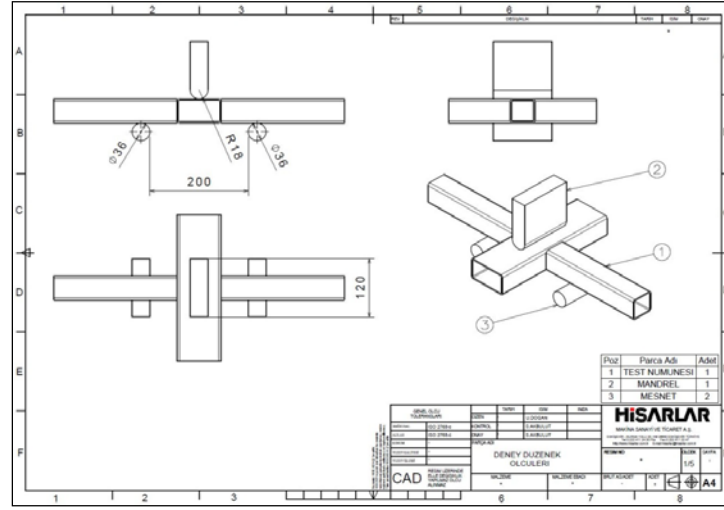
Deney düzeneğinde mesnet yarıçapları (r) 18 mm, kullanılan numunenin kesit yüksekliği 50 mm'dir. Eş. 2.1'e göre;

$$C = (2 \times 18) + (3 \times 50) + (50 / 2) = 211 \text{ mm} \quad (2.2)$$

$$C = (2 \times 18) + (3 \times 50) - (50 / 2) = 161 \text{ mm} \quad (2.3)$$

161 mm < C < 211 mm olması gerekmektedir.

Bu sebeple mesnetler arası mesafe 200 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Üç nokta eğilme testine ait deney düzeneğinin teknik resmi

Bu değer servo güç ünitesine tanımlanırken içi boş kare kesit alanı yerine içi dolu kare kesit alanı hesaplanarak kullanılmıştır.

$$A_1 = (90 \times 50) - (86 \times 44) = 804 \text{ mm}^2 \quad (2.4)$$

$$A_2 = (50 \times 50) - (44 \times 44) = 564 \text{ mm}^2 \quad (2.5)$$

$$t_1 = \sqrt{804} = 28 \text{ mm} \quad (2.6)$$

$$t_2 = \sqrt{564} = 24 \text{ mm} \quad (2.7)$$

$$t = 25 \text{ mm kabul edilmiştir.} \quad (2.8)$$

Burada;

A_1 : 90×50 kesit boyutlarına sahip içi boş dikdörtgen profilin kesit alanı,

A_2 : 50×50 kesit boyutlarına sahip içi boş kare profilin kesit alanı,

t_1 : 90×50 ölçülerindeki profilin içi dolu kesite indirgenmiş halinin kesit alanı,

t_2 : 50×50 ölçülerindeki profilin içi dolu kesite indirgenmiş halinin kesit alanı,

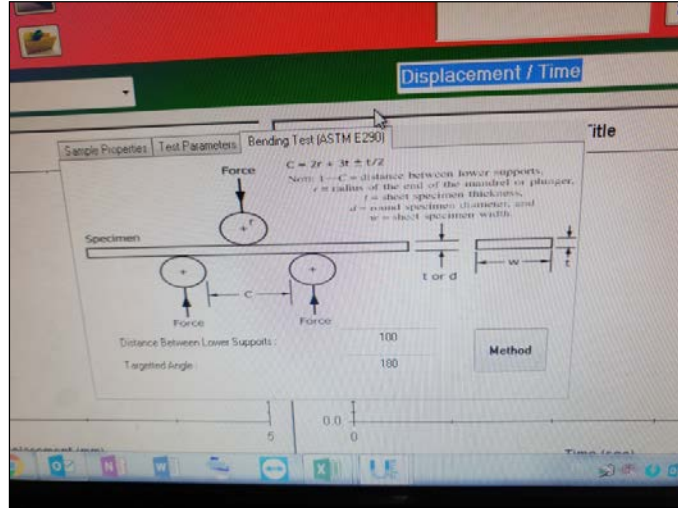
t : Kabul edilen içi dolu kesit alanıdır.

Eş. 2.2, 2.3 ve 2.8'e göre hesaplandığında;

$$C = (2 \times 18) + (3 \times 25) + (25 / 2) = 123.5 \text{ mm}$$

$$C = (2 \times 18) + (3 \times 25) - (25 / 2) = 98.5 \text{ mm}$$

Servo güç ünitesine mesnetler arası mesafe 100 mm olarak tanımlanmıştır. Hedeflenen eğilme açısı 180 derece olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.5 Servo güç ünitesine bağlı deney düzeneği ölçülerinin tanımlanmasına ait monitör görüntüsü

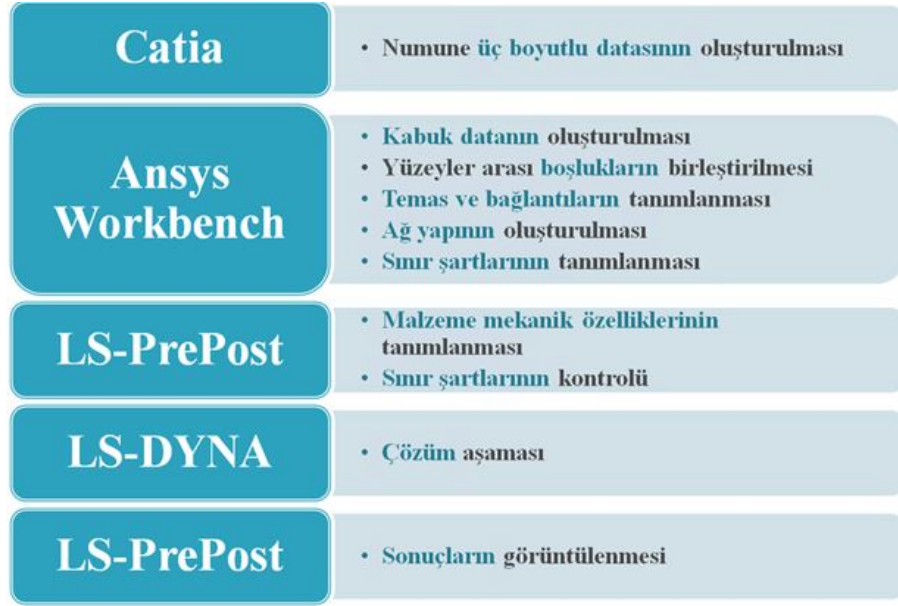
Şekil 2.5'e göre belirlenen sınır koşullarında iki adet numuneye üç nokta eğilme testi yapılmıştır (Şekil 2.6). Test sonuçları zaman, yer değiştirme, yük, gerilme, gerinim ve enerji cinslerinden elde edilmiş olmasına rağmen takip eden bölümde de anlatılacağı üzere analizlerde yalnızca yük ve yer değiştirme sonuçları kullanılmıştır.



Şekil 2.6. Üç nokta eğilme testi sonucunda eğilmiş durumdaki çelik-profil numune

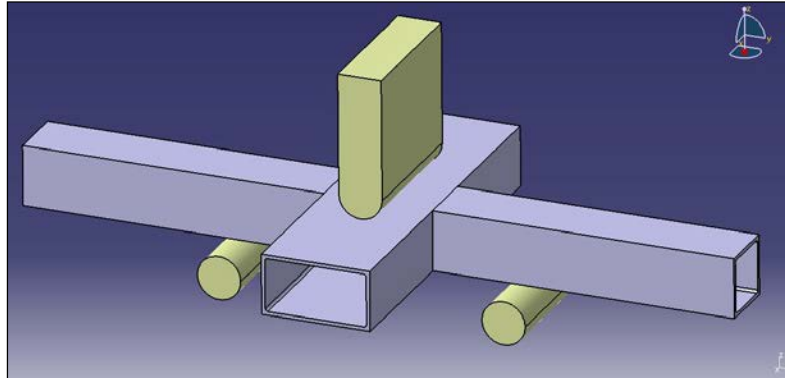
3. SONLU ELEMANLAR METODU İLE ÜÇ NOKTA EĞİLME TESTİ

Sonlu elemanlar metodu ile çözümleme için aşağıda belirtilen aşamalar göz önüne alınarak ve belirtilen farklı bilgisayar programları kullanılarak sırasıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Üç nokta eğilme testine ait nümerik modelleme ve analiz aşamaları. (ANSYS sonlu elemanlar kodu ile çözüm basamakları)

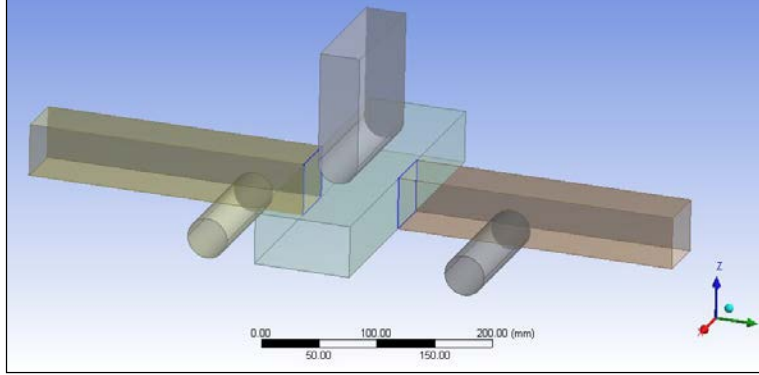
Sonlu elemanlar metodu ile bilgisayar ortamında yapılacak analiz için test numunesinin birebir ölçülerinde üç boyutlu modeli “Catia” programında oluşturulmuştur. Parçaların birleşme yüzeylerindeki kaynaklanan bölgelerdeki dairesel kesitler modellemeye dahil edilmemiştir (Şekil 3.2).



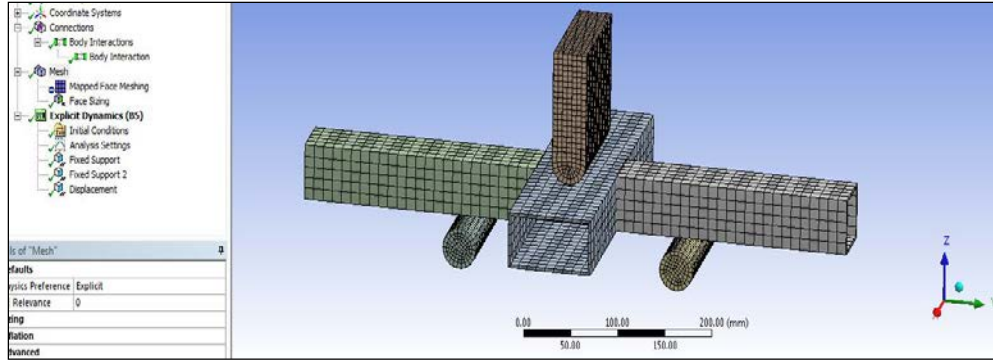
Şekil 3.2. “Catia” programında oluşturularak ANSYS workbench koduna aktarılan üç boyutlu katı model

Hazırlanan üç boyutlu katı model “ANSYS Workbench (WB)” programında oluşturulan “Explicit Dynamics (LS-Dyna Export)” projesine aktarılmıştır. “Ansys WB Design Modeler” modülünde ise malzeme kalınlığının orta ekseninden geçen yüzeyler seçilerek “Mid-Surface”, “Surface Extension” ve “Joint” komutları yardımıyla kabuk sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur (Şekil 3.3). Bu sayede üç boyutlu eleman kullanımı yerine iki boyutlu elemanlara

malzeme kalınlığı tanımlanarak, analizden kontrollü olarak daha sağlıklı sonuçlar elde edilmiştir.

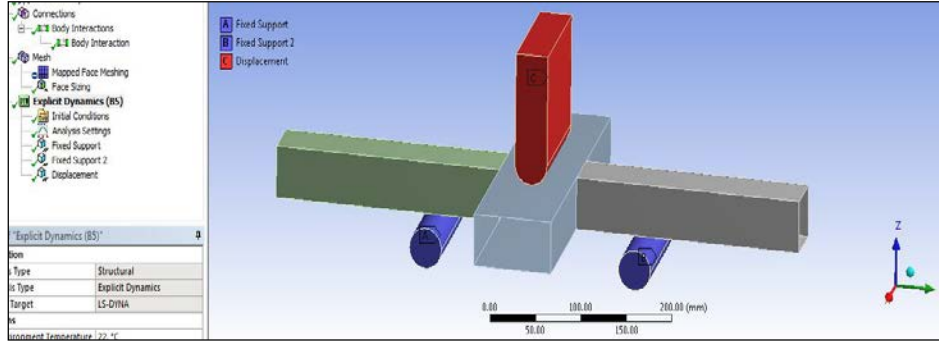


Şekil 3.3. “Ansys Workbench” programında oluşturulmuş sonlu elemanlar modeli
Parçaların birbirleriyle temasları için “Ansys WB Mechanical” modülünde otomatik olarak tanımlanan “Body Interactions” komutu kullanılmıştır. Detaylı temas tanımlamaları daha sonra “LS-PrePost” programında yapılmıştır. Ardından “Mapped Face Meshing” metoduyla “Face Sizing” 5 mm tanımlanarak kabuk ağ yapı oluşturulmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Kabuk eleman ağı ile test numunesinin tanımlanması

Ağ yapının oluşturulmasının ardından sınır şartları belirlenmiştir. Bunun için mesnetler “Fixed Support” komutuyla tam olarak sabitlenmiştir. Bu arada numuneye dik konumda (negatif Z yönü) yük yükleyen Mandrele, 2 saniyede 40 mm yer değişimi sınır şartı tanımlanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Sınır şartlarının tanımlanması

Malzeme bilgilerinin tanımlanmasında, üretici sertifikalarından alınan gerilme ve gerinim değerleri kullanılmıştır (Çizelge 3.1) [9].

Çizelge 3.1. Mühendislik gerilme ve gerinim değerleri

Malzeme Tanımı	Mühendislik Akma Gerilmesi (N/mm ²)	Mühendislik Akma Gerinimi (%)	Mühendislik Kopma Gerilmesi (N/mm ²)	Mühendislik Kopma Gerinimi (%)
50×50×3 Profil S235JR	297.40	0.001416	385.70	0.33
50×90×3 Profil S235JR	319.70	0.001522	409.90	0.42

Fakat bunlar mühendislik değerler oldukları için, aşağıdaki eşitlikler (Eş. 3.1 ve Eş. 3.2) sayesinde gerçek gerilme ve gerinim değerlerine dönüştürülerek analizlerde kullanılmışlardır [5].

$$\sigma_{\text{gerçek}} = \sigma_{\text{müh}} (1 + \epsilon_{\text{müh}}) \quad (3.1)$$

$$\epsilon_{\text{gerçek}} = \ln (1 + \epsilon_{\text{müh}}) \quad (3.2)$$

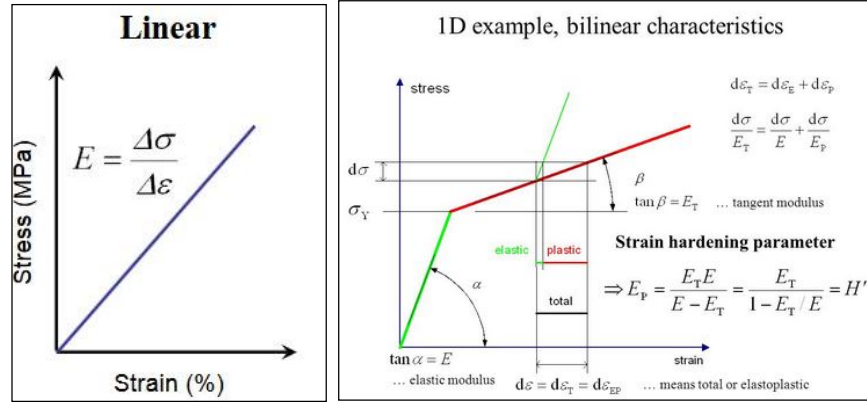
Çizelge 3.2. İki farklı profil kesitli kiriş için mühendislik gerilme ve gerinim değerlerinden dönüştürülerek hesaplanan gerçek gerilme ve gerinim değerleri

Malzeme Tanımı	Gerçek Akma Gerilmesi (N/mm ²)	Gerçek Akma Gerinimi (%)	Gerçek Kopma Gerilmesi (N/mm ²)	Gerçek Kopma Gerinimi (%)
50×50×3 Profil S235JR	297.40	0.001415	512.981	0.285179
50×90×3 Profil S235JR	319.70	0.001521	582.058	0.350657

Malzemenin yük altında ne şekilde davranacağı Çizelge 3.2’de verilen gerçek değerler

kullanılarak ikili doğrusal (bilinear) eğilme rijitliği (gerilme – gerinim grafiği) ile tanımlanmıştır (elastoplastic material with strain hardening). Fakat bu yeterli değildir. Malzeme elastik bölgede Hooke Yasası’na göre lineer bir davranış sergilemektedir. Ancak plastik bölgede Eş. 3.3 ile hesaplanan Tanjant Modülü (E_{tan}) plastik bölgeye ait ikinci eğim olarak dikkate alınarak analizler yapılmıştır (Şekil 3.6).

$$E_{tan} = \sigma_{kopma} - \sigma_{akma} / \epsilon_{kopma} - \epsilon_{akma} \quad (3.3)$$



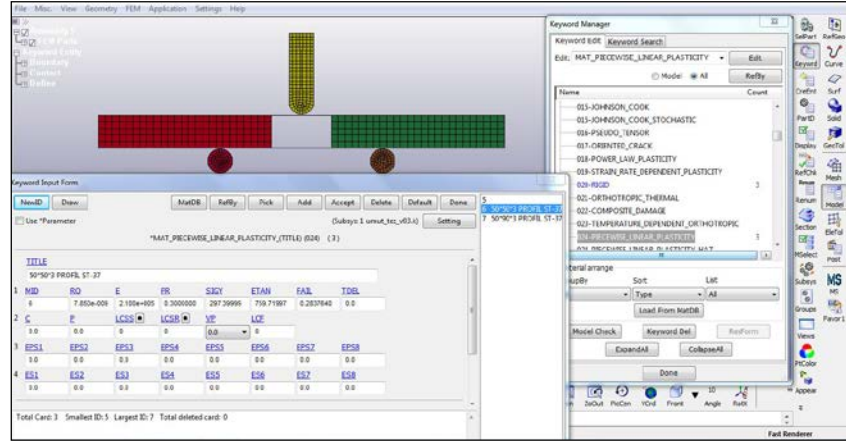
Şekil 3.6. Elastiklik Modülü ve Tanjant Modülü [10,11]

Buna göre deneyde kullanılan malzemelerin Tanjant Modülü değerleri (E_{tan}) Eş. 3.3’e göre hesaplanmıştır. Deneylerden elde edilen grafiklerdeki ikinci lineer bölgeden elde edilen eğim değerleri hesaplanarak analizlerde malzeme verisine girdi sağlanmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Hesaplanan tanjant modülü (E_{tan}) değerleri

Çelik Malzeme Tanımı	E_{tan}
50×50×3 Profil S235JR	759.72
50×90×3 Profil S235JR	751.45

Sonuç olarak elde edilen değerler “LS-PrePost” programında bulunan “Piecewise Linear Plasticity” malzeme listesinde tanımlanarak kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. LS-PrePost Ansys alt modülünde malzeme değerlerinin tanımlanması

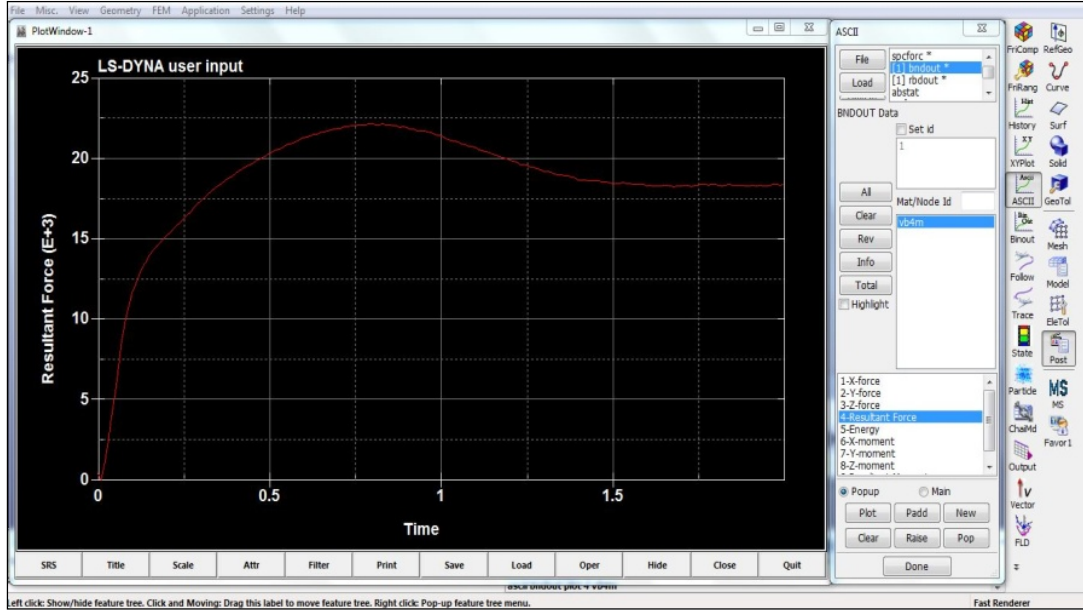
Analiz için gerekli tüm bilgiler tanımlandıktan sonra elde edilen “.k” uzantılı dosya “LS-Dyna” programında çözdürülmüştür. Analiz çözümlemeleri, 114 dakikada 1.284.862 iterasyon sonucunda tamamlanmıştır (Şekil 3.8).

Timing information				
	CPU(seconds)	%CPU	Clock(seconds)	%Clock
Initialization	0.0000E+00	0.00	4.2100E-01	0.01
Element processing ...	5.1900E+03	75.88	5.2446E+03	76.54
Binary databases	5.0000E+00	0.07	3.2750E+00	0.05
ASCII database	4.0000E+00	0.06	8.4910E+00	0.12
Contact algorithm	1.5900E+03	23.25	1.5414E+03	22.49
Interface ID 1	1.4390E+03	21.04	1.3915E+03	20.31
Interface ID 3	7.6000E+01	1.11	7.1600E+01	1.04
Interface ID 4	6.3000E+01	0.92	6.6454E+01	0.97
Contact entities	0.0000E+00	0.00	0.0000E+00	0.00
Rigid bodies	5.1000E+01	0.75	5.4109E+01	0.79
Implicit Nonlinear ...	0.0000E+00	0.00	0.0000E+00	0.00
Implicit Lin. Alg. ...	0.0000E+00	0.00	0.0000E+00	0.00
T o t a l s	6.8400E+03	100.00	6.8523E+03	100.00
Problem time =	2.0000E+00			
Problem cycle =	1284862			
Total CPU time =	6840 seconds (1 hours 54 minutes 0 seconds)			
CPU time per zone cycle =	1068 nanoseconds			
Clock time per zone cycle=	1070 nanoseconds			
Normal termination				

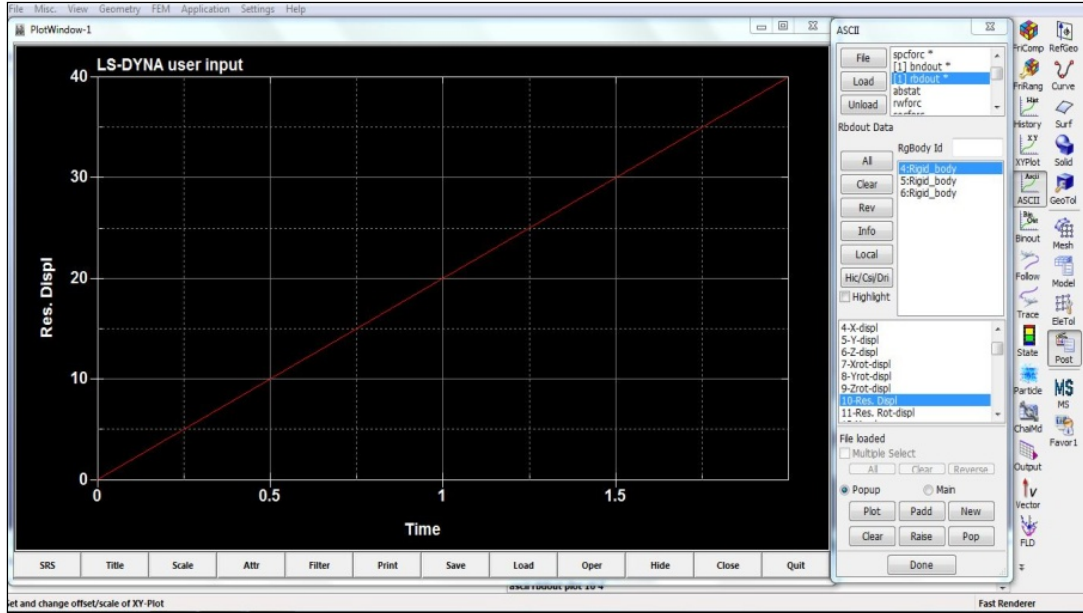
Şekil 3.8. Çözüm aşamaları sonuç bilgilendirme ekranı

Bu çözüm sonucu elde edilen “d3plot” dosyası (Şekil 3.1’de görülen son analiz aşaması) tekrar “LS-Prepost” programında açılarak sonuç grafikleri oluşturulmuştur. Diğer bir deyişle, yukarıda belirtilen dosyadan alınan bilgilere göre grafikler görüntülenirken ilk olarak “Post - ASCII” komutundan “Yük – Zaman” ve “Yer Değişimi – Zaman” grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 3.9,

Şekil 3.10).



Şekil 3.9. Yük - Zaman Grafiği



Şekil 3.10. Yer Değişimi - Zaman Grafiği

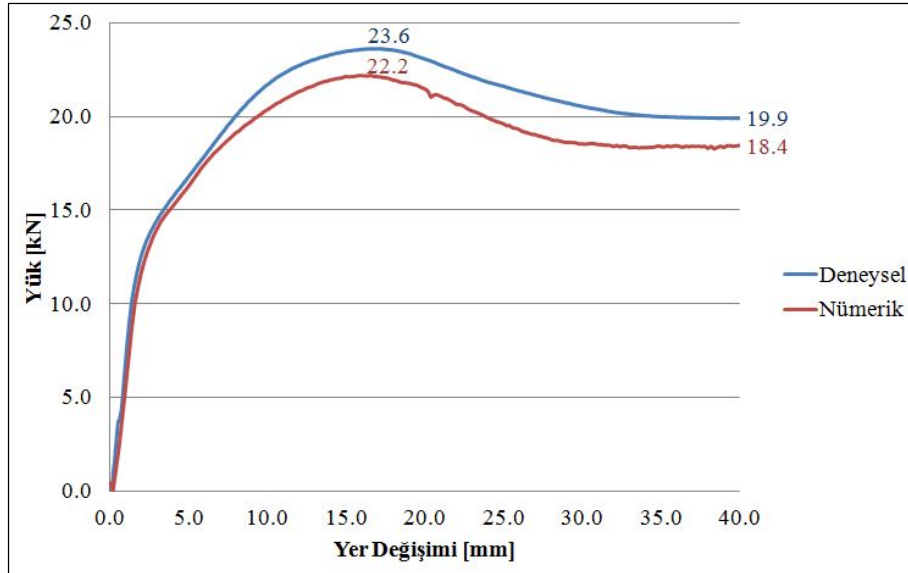
İkinci olarak, elde edilen bu grafikler “Post – XY Plot” komutuyla birleştirilerek “Yük – Yer Değişimi” grafiği elde edilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Yük - Yer Değişimi Grafiği

4. TRAKTÖR KABİN NUMUNESİ EĞİLME TEST SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Fiziki testlerle deneysel olarak elde edilen yük – yer değişimi grafiğiyle sonlu elemanlar metoduyla nümerik olarak elde edilen yük – yer değişimi grafiği birlikte görüntülendiğinde aradaki farklar detaylı olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Deneysel ve nümerik sonuçların karşılaştırılması

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sayısal ve deneysel çalışmalardan elde edilerek belirlenen hata yüzdeleri Eş. 5.1 ile hesaplanarak aşağıdaki değerler bulunmuştur;

$$\text{Relatif yüzde hata oranı : } U = \left(\frac{U_{deney} - U_{nümerik}}{U_{deney}} \right) \times 100\% \quad (5.1)$$

$$U_{maksimum} = \left(\frac{23.6 - 22.2}{23.6} \right) \times 100\% = 5.93\%$$

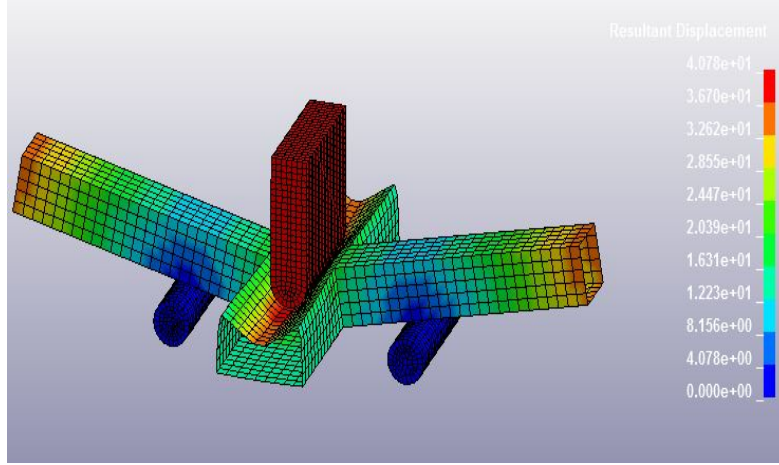
$$U_{kopma} = \left(\frac{19.9 - 18.4}{19.9} \right) \times 100\% = 7.54\%$$

Yukarıdaki sayısal hata yüzdelerini etkileyen nedenler aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

1. Kaynaklı birleştirme kalitesinin değişkenliği,
2. Sayısal modellemede bilineer (elastoplastic material with strain hardening) eğilme rijitliğinin tanımlanarak çözülmüş olması (Şekil 3.6, Şekil 5.1),
3. Kullanılan mesh metodu ve eleman sayısının analiz sonuçlarına etkisi,
4. Kuvvet uygulanma zaman aralığının deneysel çalışmaya göre farklı olmasının etkileri.

Güncel kaynak taraması sonucu elde edilen “üç nokta eğilme testi”ne ait test koşulları, sonuçlar ve grafikleri, bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla karşılaştırmak amacıyla EK – 1 ile aşağıda verilmiştir.

Sonuçlardan görüleceği üzere hata oranları düşük seviyelerde olup, deneysel ve sayısal çözümleme sonuçları birbirine çok yakın bulunmuştur. Sunulan bu çalışma sonucunda, deneylerden elde edilen verilerin ve analizi gerçekleştirmek için uygulanan seri halindeki programlama aşamalarının bütününe, daha sonra benzer şekilde yapılacak olan traktörün diğer parçalarının eğilme testlerinde kullanılmak üzere uygunluğu gösterilmiş olmaktadır.



Şekil 5.1 Deforme olmuş çelik traktör kabin numunesinin (elastoplastik gerinim sertleşmeli malzeme) SEY analizi sonucunda elde edilmiş sonuç şekli

Modeli geliştirmek için deneysel test sayısının artırılıp istatistiksel bilginin toplanması sonucu traktör kabin tasarımının yenilenerek modernize edilmesi, ileriki çalışmalarda yapılacaktır.

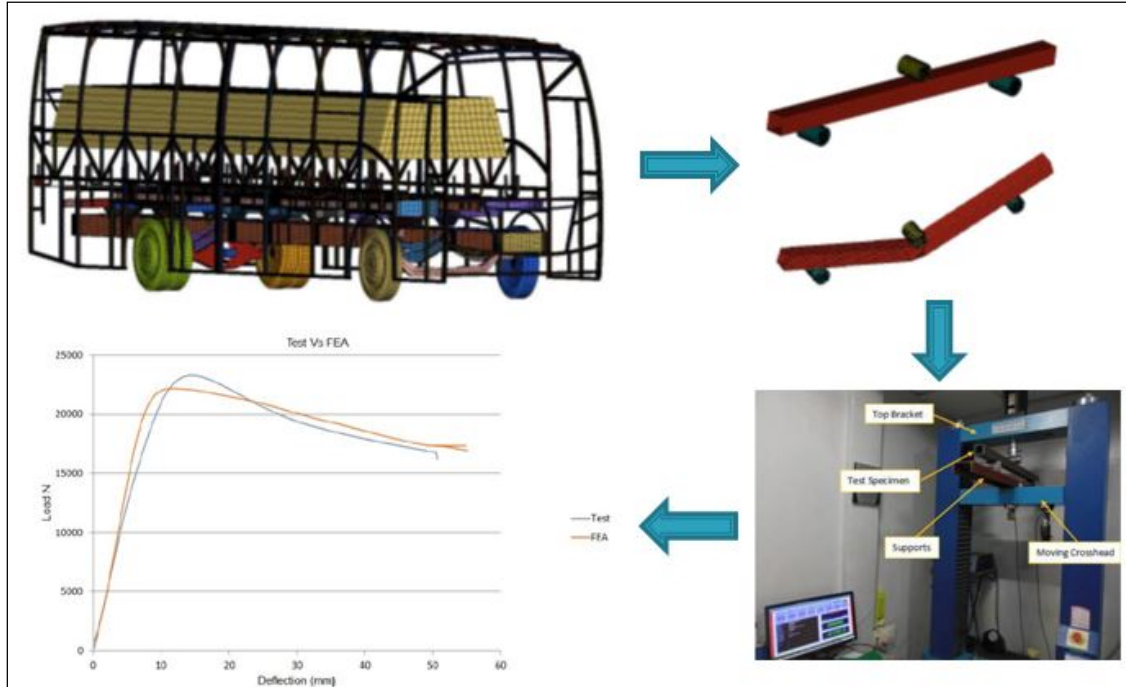
KAYNAKLAR

1. The United Nations Economic Commission for Europe. (2009). ECE-R66 Uniform Technical Prescriptions Concerning the Approval of Large Passenger Vehicles with Regard to the Strength of Their Superstructure. Switzerland: The United Nations Economic Commission for Europe.
2. Phadatare, V. D. and Hujare, P. P. (2017). Performance Improvement of Bus Structure for Rollover Analysis Using FEA and Validation of Roll Bar, 16-19.
3. Belsare, V., Pathak, C. and Kulkarni, M. (2012). Rollover Analysis of Passenger Bus as per AIS-031, Volume 4, Issue 5, 49-59.
4. Tar, C. S., (2009). M2 Sınıfı Ticari Bir Aracın Ece-r66 Standardına Uygun Bilgisayar Ortamında Tavan Ezilme Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 17, 19, 20, 22.
5. The Organisation for Economic Co-operation and Development. (2016). Code 4 OECD

Standard Code for the Official Testing of Protective Structures on Agricultural and Forestry Tractors (Static Test). Paris: The Organisation for Economic Co-operation and Development.

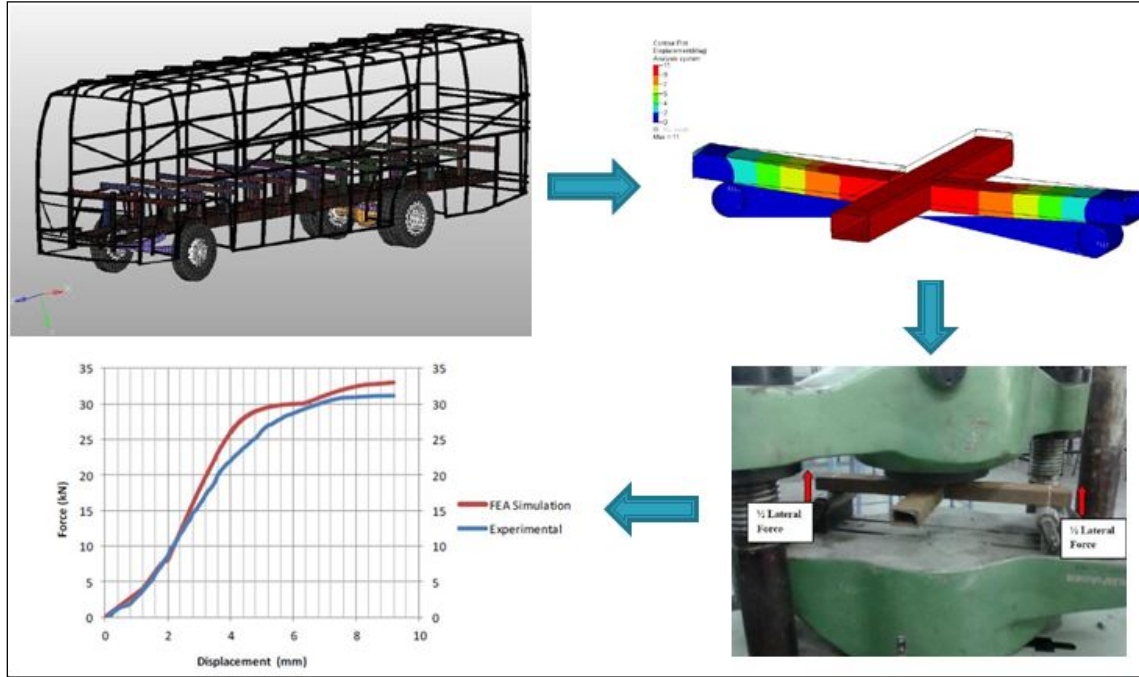
6. SMS Ankara Kalibrasyon. Kalibrasyon Sertifikası. (2019). Ankara, 17/003059, 1-3.
7. Utest Malzeme Test Cihazları. Hidrolik Güç Üniteleri Kataloğu, Ankara, 1-2.
8. Türk Standartları Enstitüsü. (2016). Metalik Malzemeler - Eğme Deneyi (ISO 7438:2016), Ankara, 2016-03, 1-8.
9. Müsellimoğlu Demir Çelik. Mill Test Certificate. (2017). Kocaeli, 386, 1
10. İnternet: Hampton, H., Engineering Materials. 2019-04-19. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fslideplayer.com%2Fslide%2F9819762%2F&date=2019-04-19>, Son Erişim Tarihi: 19.04.2019
11. İnternet: Yonge, M., Constitutive models, Elastoplastic. 2019-04-30. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fslideplayer.com%2Fslide%2F3361092%2F&date=2019-04-30>, Son Erişim Tarihi: 30.04.2019

EK – 1

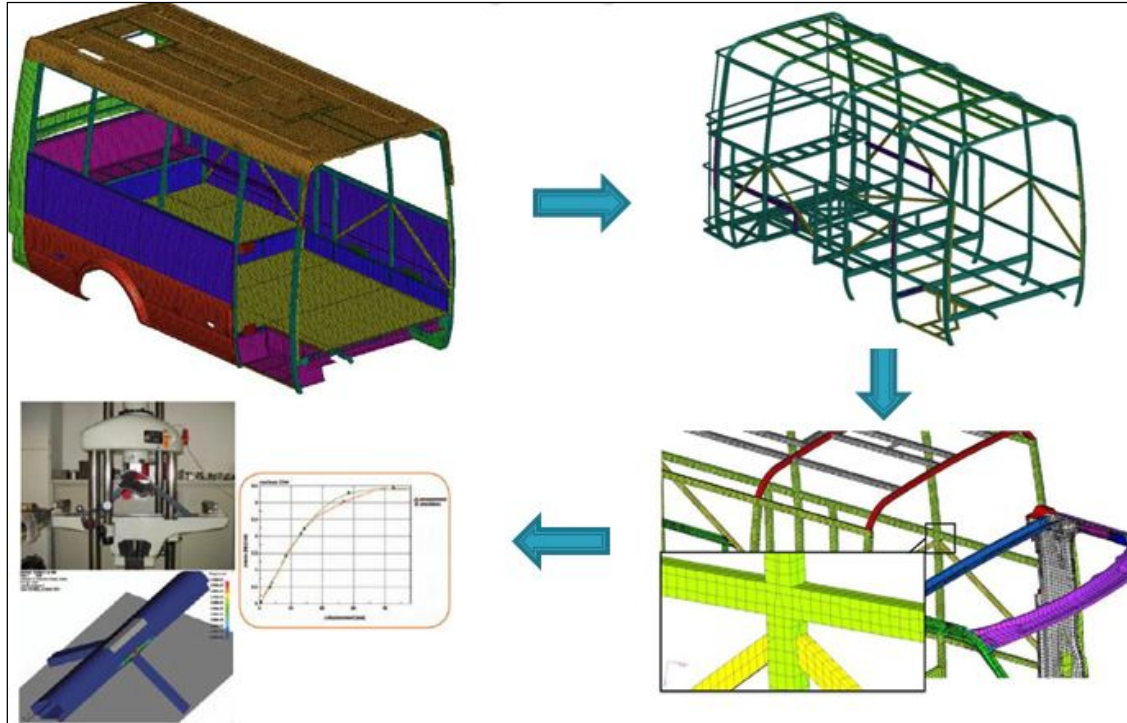


EK – 1 a Otobüsten alınan tek parçalı “üç nokta eğilme testi” numunesinden elde edilen

yük – yer değişimi grafiği [2]



EK – 1 b Otobüsten alınan çevresel kaynaklı birleştirilen üç parçalı “üç nokta eğilme testi” numunesinden elde edilen yük – yer değişimi grafiği [3]



EK – 1 c Minibüsten alınan çevresel kaynaklı birleştirilen kafes yapıyı temsil eden “üç nokta eğilme testi” numunesinden elde edilen yük – yer değişimi grafiği [4]

**METRUK ALANA DÖNÜŞMÜŞ KIZILTEPE ŞAHKULUBEY KÜMBETİNİN
RESTORASYONU VE MARDİN TARİH, KÜLTÜR VE TURİZMİNE YENİDEN
KAZANDIRILMASI İÇİN BİR ÖNERİ**

Dr.Öğr.Üyesi Tahir ATEŞ

Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin, Türkiye

ÖZET

Mardin ili Kızıltepe ilçesinde bulunan, 12.YY ‘da Artuklu Beyliği tarafından yaptırılan Şahkulubey Kümbeti, ilimiz tarihi, kültürel ve manevi anlamda nadide eserlerden biridir. Başlığımızda da belirttiğimiz gibi ‘‘Metruk Alana’’ dönüşmüş bu tarihi değerimiz olan Şahkulubey Kümbeti üzerinde bugüne kadar yeterli bilimsel bir çalışma, koruma, onarım, güçlendirme gibi restorasyon uygulama çalışması yapılmamış olup tamamen kaderine terkedilmiştir. Bu tarihi kümbette yapılan basit bir gözlemle ciddi yapısal hasarların olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Strüktürel hasarlar yapının ayakta kalması açısından göz ardı edilemeyecek kadar önemli hasarlardır. Yapının kubbesinde ciddi strüktürel çatlaklar mevcuttur. Yapının duvar ve pencerelerinde de hasarlar mevcuttur. Tarihi yığma yapıların önemli taşıyıcılarından biri olan kemerlerde de ciddi hasarlar olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada; Yapısal sorunlar göz önüne alınarak SAP2000 bilgisayar programında sonlu elemanlar yöntemiyle modellenmesi ile yapının taşıyıcı sistem ve güvenliğinin analizi yapılmalı ve elde edilecek sonuçlar ile bu tarihi kümbetin mevcut strüktürel durumu tespit edilerek, gerekli onarım ve/veya güçlendirme gereksinimi ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bunun için öncelikle yapının rölöve, restitüsyon ve restorasyon projeleri yapılarak, yapının özgün formunu belirlemek ve tarihi dokusunu bozmadan, zarar vermeden özellikle strüktürel çatlaklar için yapılan analizler ile en uygun onarım ve/veya güçlendirme çözümleri üretmek nihai amacımızdır.Yapılan bu çalışma ile Tarihi, Kültürel zenginliğiyle ön plana çıkan Mardin ilimizin Kızıltepe ilçesinde bulunan yok olmaya yüz tutmuş eserlerden biri olan Şahkulubey Kümbetini kültürel miraslarımız içinde yaşamasına katkı sunacak bilimsel veriler ve mevcut virane halinden kurtaracak çözüm önerileri üretmek istemekteyiz. Bunun yanında kümbet kaderine terk edilmiş, harap olmuş, uyuşturucu müptelası kişilerin barınağı olmuş vaziyettedir. Bizler bu çalışma ile sadece kümbeti tarihimize kazandırmayıp aynı zamanda şehrin ortasında kalmış bu kümbete sığınan ve uyuşturucu kullananlarında orda yaşayan insanlarımıza zarar vermesini bu mekanın onlardan da arındırılarak asli işlevine döneceği düşünülmektedir. Daha önce gerek bu tarihi kümbet üzerinde gerekse Mardin’imizin benzer şekilde yok olmaya yüz tutmuş diğer nadide eserleri üzerinde bilimsel çalışmaların çok fazla yapılmadığını görmekte ve yine bu çalışma ile diğer bilimsel çalışmalara teşvik ve davet edileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Şahkulubey, Kümbet, Strüktürel Analiz, Restorasyon, Güçlendirme

1.GİRİŞ

Ülkemizin gerek bulunduğu coğrafya ile ilgili gerekse tarihi geçmişi ele alındığında neredeyse insanlığın var oluşundan bu yana binlerce yıllık tarihi bir geçmişe sahip olduğumuz bir coğrafyada yaşadığımız bilinmektedir. Dolayısıyla böyle değerli bir coğrafyada yaşadığımız ve bu tarihsel sürecin bize bıraktığı mirasa karşı sorumluluklarımızın olduğu bilinciyle, çok değerli binlerce tarihi yapıların gelecek nesillere de sağlıklı bir şekilde aktarılması gerektiği hususu unutulmamalıdır. Söz konusu bu tarihi değerlerin korunması ile ilgili yasal düzenlemelerin yapıldığı görülse de, birçok değerli tarihi mirasımızı da yitirdiğimiz bilinmektedir. Tarihin bize verdiği sorumluluk çerçevesinde bu değerler ile ilgili yapılacak bilimsel çalışmalar altında yasal çerçevede yapılacak koruma uygulamaları ile bu değerli miraslarımızdaki kayıpların önüne geçebileceğimiz düşünülmektedir.

Bu çerçevede yine tarihsel değeri açısından Mezopotamya olarak bilinen bölgede yer alan Mardin ili Kızıltepe ilçesinde bulunan ve tarihi değerlerimizden biri olan Şahkulubey Kümbetinin de yok olmaya bırakılmadan gelecek nesillere aktarılması ümidiyle bu çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın tutacağı ışık ile Şahkulubey Kümbetinin Ülkemiz ve Mardin tarihi değerleri arasında kalmaya devam edeceği düşünülmektedir.

2.ÇALIŞMANIN AMAÇ ve ÖNEMİ

Önerilen projenin amacı, Mardin İli Kızıltepe ilçemizde bulunan Şahkulubey Kümbetinin mevcut durumdaki halinden kurtarılması için gereken Onarım/Güçlendirme/Restorasyon işlemleri öncesi taşıyıcı sistem, güvenliği analiz sonuçlarını ve çözüm önerilerini ortaya koyarak söz konusu kümbetin tarihi dokusu bozulmadan Ülkemiz Tarih ve Kültürel değerleri arasına yeniden sokabilmektir.

Şahkulubey Kümbeti ile ilgili bilgi edinmek istediğimizde, burayla ilgili ciddi bir bilimsel çalışmaya rastlamadığımız, sadece basın üzerinden gerek halkımız gerekse bazı yerel yöneticilerimizin kümbetin kurtarılması ile ilgili fevranları görülmektedir. Gerek akademik kimliğimiz gerekse de üniversitemizin Mardin’de bulunması, bizlere bu hususta sorumluluğumuz olduğu kanaatini uyandırmış, bu sorunun çözülmesinde ilk adımı olan bir çözüm önerisi sunmak için bu projeyi hazırlayarak söz konusu kümbeti ülkemize tekrar kazandırmak istiyoruz.

Aşağıda verilen Resim 1’de görüleceği üzere kümbet kaderine terk edilmiş, harap olmuş, uyuşturucu müptelası olmuş kişilerin barınağı olmuş vaziyettedir. Bizler bu projeye sadece kümbeti tarihimize kazandırmayıp aynı zamanda şehrin ortasında kalmış bu kümbete sığınan uyuşturucu kullananlarında orda yaşayan insanlarımıza zarar vermesini bu mekanı onlardan da temizleneceğini düşünmekteyiz.

Resim 1. Şahkulubey Kümbeti

3. KONUSU VE TARİHİ KAPSAMI

Mardin bulunduğu coğrafyada ortaçağdan günümüze kadar geçirdiği tarihsel süreç gereği çeşitli ve çok önemli kültürleri barındıran bir şehirdir. Burada çeşitli dinlerin, dillerin ve kültürlerin bir arada yaşadığı ve birbirleriyle etkileşim içerisinde olduğu tarih boyunca süregelen bir süreçtir. Din, dil ve kültür çeşitliliğinin yoğun olduğu bu şehre bir mozaik şehir olarak tarihte yerini almıştır. Söz konusu bu mozaik anlayışı şehrin oluşumundan günümüze kadar geçirdiği süreç kendine özgü bir kent dokusunu meydana getirmiştir. Bu doku içerisinde Kızıltepe ilçemizde bulunan 12.YY ‘da Artuklu Beyliği tarafından yaptırılan Şahkulubey Kümbeti de yerini almıştır.

Kızıltepe’de özellikle Artuklular dönemine ait çarşı, hamam, cami ve medreseler başta olmak üzere zengin bir yerleşim merkezi iken bölgelerin güç dengeleri arasında olmasından, sürekli savaş ve yağmalardan dolayı harabe halini almıştır. Artuklu dönemi eserleri arasında,Ulu cami, Taş köprü, Tarassut Kulesi, Şahkulubey Kümbeti, Harezm Taceddin Mesud Medresesi sayılabilir [1].

Kümbet, Anadolu Selçukluları döneminde yapılan kendine özgü mimari yapısı olan, devlet adamları ve önemli dini şahsiyetlere sahip kişiler için yapılan, silindirik tabanlı konik şekilde anıtmazarlardır. Kümbetler, Anadolu tarihinde geçmişten günümüze süregelen bir çok yapıda görülen “Türk Çadırı” mimarisi ile de anılmaktadır.

Tarihi yapılar, taşıyıcı sistemi, özgün biçimi ve malzemesi ile birlikte bir bütünlüğün sağlandığı

oranda başarılı olarak korunuyor demektir. Özgün malzemelerinin özelliklerin tespit edilmesi, yapının özgün malzemeleri ile yapıya eklenen yeni malzemelerin uyumu ve bütünleşmesi, sağlıklı bir restorasyon çalışmasının gerçekleştirilebilmesi için temel adımlardandır. Mevcut özgün malzemeler hakkında yapılan karakterizasyon çalışması sonucu elde edilen bilgilerin, özgün malzemeye uygun onarım malzemelerinin hazırlanabilmesini sağlayacak yeterlilikte olması, yapının restorasyon/onarım çalışmalarında kullanılmak üzere gerekli malzeme ve elemanların yeniden üretilmesini sağlayacaktır [2].

Yapısal analizde kullanılan geleneksel yöntemler, tarihi yapıların karmaşık geometrik yapısı ve homojen olmayan malzeme özellikleri nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Günümüz hesaplama olanakları ve yöntemleri karmaşık geometri ve homojen olmayan malzeme özellikleri için sonlu elemanlar yöntemini en uygun analiz yöntemi haline getirmektedir [3].

4. MATERYAL VE METOD

Projelendirme;

Rölöve çalışması ile yapının mevcut durumu çizime yansıtılarak yapının projesi tamamlanır. Bu proje ile yapıdaki hasarlar ve bozulmalar tespit edilir. Hazırlanan proje üzerinde söz konusu hasarlar gösterilir. Rölöve çalışması hazırlanırken kullanılacak materyaller şunlardır; Lazer Total Station, Lazermetre, Şeritmetre, ile bölge tarihiyle ilgili yazılmış eserler, resimler, sözlü mülakatlar ve diğer kaynaklar.

Yapının Restitüsyon projesi yapılacak. Bu proje ile yapının dönemsel olarak ne kadarlık değişikliğe uğradığı ve Restorasyona hazırlık için ne gibi değişiklikler yapılması gerektiği hakkında bilgiye ulaşılabacaktır.

Restorasyon Çalışması ise, yapının hasar gören kısımları özgün formuna bağlı kalınarak gerekli tadilat ve müdahalelerin yansıtıldığı çalışmadır.

Malzeme Özellikleri Tespiti ve Strüktürel Analiz;

Rölöve çalışması ile elde edilen çizim paftalarında yapıdaki bozulmalar ve form kayıpları belirlenir. Hasar tespiti ve malzeme özellikleri ile ilgili gerekli ölçümlere ihtiyaç duyulan elemanlar tespit edilir.

Bu elemanlarda aşağıda belirtilen deney ve ölçümler yapılır.

Yerinde Yapılacak Çalışmalar:

- Ölçüm yapılacak bölgeler kodlanır,
- Ölçüm yapılacak bölgelerde varsa kaplama kaldırılır, yüzey temizlenir,
- Yüzey sıcaklığı ve nemi belirlenir,
- Ultrases aleti ile ses geçiş süresi ölçülür,
- Yüzey sertliği ölçülür,

- Yapıdaki basınç gerilme seviyesi Flat-Jack aleti ile belirlenir, gerilme-şekil değiştirme ilişkisi araştırılır,
- Yapıda tuğla veya taş ile harç arasındaki kayma dayanımı belirlenir,
- Gerekğinde georadar ve endoskopik muayene yöntemlerine başvurulur,
- Yapıdan yeterli sayıda örnek alınır (karot vb.).

Laboratuarda Yapılan Çalışmalar:

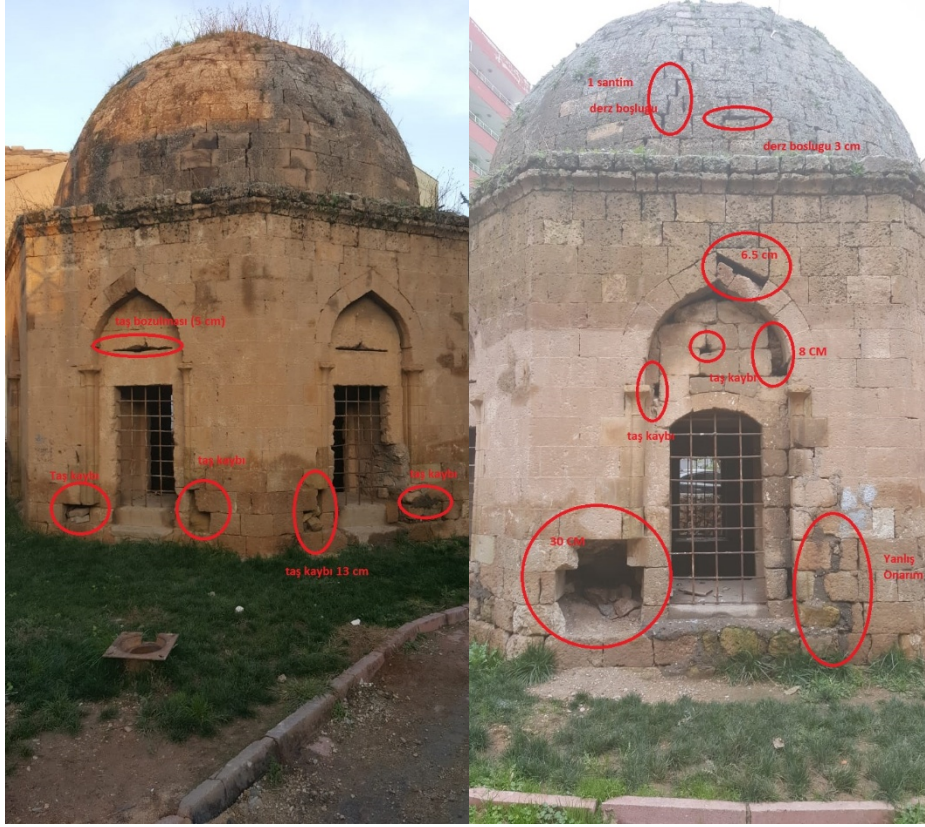
- Alındığı yapıya, kata ve elemana göre kodlanmış numuneler deneye hazırlanır,
- Ultrases aleti ile karşılıklı yüzeylerde ses geçiş süresi ölçülür,
- Kondisyonlanan numunelerde birim ağırlık, su emme, özgül ağırlık deneyleri yapılır,
- Tek eksenli basınç deneyi yapılır.
- Onarımda kullanılacak malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenen bu özgün malzeme ile uyumunun araştırılması için, yapıdan alınan özgün taş, tuğla ve özellikle harç numunelerin mikroyapısal özellikleri belirlenir. Bu amaçla;
 - a) İç yapı incelemesi yapılır (XRD, SEM-EDS,...).
 - b) Renk ölçümü yapılarak, orijinal malzeme ile onarımda kullanılacak malzemenin renk uyumu araştırılır [4].

Yapısal sorunlar göz önüne alınarak SAP2000 bilgisayar programında sonlu elemanlar yöntemiyle modellenmesi ile yapının taşıyıcı sistem ve güvenliğinin analizi yapılarak ve elde edilecek sonuçlar ile bu tarihi kümbetin mevcut strüktürel durumu tespit edilerek, gerekli onarım ve/veya güçlendirme gereksinimi ortaya konularak nihai restorasyon önerisi sunulacaktır.

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1. Kümbetin Mevcut Durumu

Şahkulubey Kümbetinde bu çalışma yapılırken, yasal sınırlar içerisinde davranılıp, kümbet üzerinde herhangi bir tahribat yapılmadan sadece gözlem ve uzaktan ölçüm teknikleri kullanılmıştır. Yapılan bu ölçümler ve gözlemler neticesinde aşağıda verilen fotoğraflarda Şahkulubey Kümbetinin halihazır durumunda yapısal hasarları görülmektedir.



Resim 2. Yapısal hasarlar

Kümbet, düzgün kesme kireç taş bloklar ve kireç harcı kullanılarak yığma teknikle inşa edilmiştir.

5.2. Bakımsızlık ve Malzeme Bozulmaları

Kümbet’de duvarlarda yer yer taşlar oynamış, yerinden sökülmüş ve kırılmıştır. Aşırı nem ve rutubetten dolayı harçlarda dökülmeler yaparak derzler boşalmış ve açılmıştır. Yağmur suyu ve yağış etkisiyle taş yüzeylerinde çok miktarda küf, mantar ve poroz yüzeyler meydana gelmiştir. Özellikle kubbe kısmında yosun ve aşırı bitkilenme meydana gelmiştir. Pencere demirleri korozyona uğramış ve çürümüştür. Gerek duvarlarda gerekse kubbede taşların kırılması, yerinden çıkması ve aşırı derzlerin taşıyıcılığı da tehlikeye sokmuştur.

5.3. İzinler

Herhangi bir Tarihi Yapıda Çalışma Yapılması için Gerekli İzinlerin Alınması Tescilli tarihi yapılarda Kanun No: 5226 ve 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu gereğince tescilli kültür varlıklarına yapılacak her türlü müdahale öncesi ilgili Belediyesi’nce, mülkiyet durumlarına göre İl Özel İdareleri’nden, Vakıflar Bölge Müdürlükleri’nden, Rölöve ve Anıtlar Müdürlükleri’nden ve Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu’ndan gerekli izin alındıktan sonra bu izinin kapsamı doğrultusunda ancak herhangi çalışma yapılabilir. Ayrıca tarihi bir yapıda mülkiyet sahibi de bir muafakatname verdikten ve İmar Kanunu gereği ilgili

Belediye'nin vereceği izinden sonra yapılacak çalışmalar bağlı bulunan Kültür Varlıkları Bölge Kurulu'na gönderilir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kümbetlerin veya türbelerin önemli dini şahsiyetlerin mezarı olduğu ve her dönemde, müslüman topluluklarımızın buralara verdiği önem ve saygı herkesçe bilinmektedir. Bu saygı genellikle buraları ziyaret ederek gösterilmekte, toplum için ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Bizde bu çalışmamız ile hem tarihin bize bıraktığı bir mirası kurtarmak hem de insanlarımızın bu değerlerini koruyacağımızı düşünmekteyiz. Aynı zamanda bu mekanın uyuşturucu müptelalarının barınağı olmaktan çıkarıp hak ettiği saygınlığa kavuşmasına yardımcı olacaktır. Gerek bu bölgede yaşayan gerekse bölge dışından gelecek insanlarımız daha güvenle burayı ziyaret edecektir. Dolayısıyla bölge turizmine de önemli bir katkı sunacaktır. Restoratörler, Sanat Tarihçiler, Mimarlar, Mühendisler, Arkeologlar hatta sosyal bilimcilerin bu tür tarihi mekanlar üzerinde ne kadar yoğunlaştıkları bilinmektedir. Bu tür tarihi yapılar üzerine yapılacak olan yeni bilimsel çalışmalara, geçmişte yapılan çalışmalarla birlikte bu çalışma da örnek teşkil ederek bir ışık tutacaktır.

Yapılacak bu çalışma ile Tarihi, Kültürel zenginliğiyle ön plana çıkan Mardin ilimizin Kızıltepe ilçesinde bulunan yok olmaya yüz tutmuş eserlerden biri olan Şahkulubey Kümbetini kültürel miraslarımız içinde yaşamasına katkı sunacak bilimsel veriler ve mevcut virane halinden kurtaracak çözüm önerileri üretmek istemekteyiz. Daha önce gerek bu tarihi kümbet üzerinde gerekse Mardin'imizin benzer şekilde yok olmaya yüz tutmuş diğer nadide eserleri üzerinde bilimsel çalışmaların çok fazla yapılmadığını görmekte ve yine bu çalışma ile diğer bilimsel çalışmalara teşvik ve davet edeceğimizi düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

- [1] Yuvalı A.,(2006). Artukoğulları Döneminde Mardin'deki Maddi Kültür Unsurları, I.Uluslararası Mardin Tarihi Sempozyumu Bildirileri İmak ofset , İstanbul- 2006 s.32
- [2] Kozlu H.H., (2010) Kayseri Yöresindeki Tarihi Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçlarının Özellikleri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [3] Özen G.Ö., (2006) Comparison of Elastic and Inelastic Behavior of Historic Masonry Structures at the Low Load Levels, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara.
- [4] F. Aköz, 2005, "Yığma Kagir Yapılarda Hasar Tespiti", YDGA2005, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

KIZILTEPE ŞAHKULUBEY KÜMBETİNİN RÖLÖVE VE RESTORASYONU ÇALIŞMASI

Dr.Öğr.Üyesi Tahir ATEŞ

Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin, Türkiye

ÖZET

Mardin ili Kızıltepe ilçesinde bulunan, 12.YY ‘da Artuklu Beyliği tarafından yaptırılan Şahkulubey Kümbeti, ilimiz tarihi, kültürel ve manevi anlamda nadide eserlerden biridir. Başlığımızda da belirttiğimiz gibi ‘‘Metruk Alana’’ dönüşmüş bu tarihi değerimiz olan Şahkulubey Kümbeti üzerinde bugüne kadar yeterli bilimsel bir çalışma, koruma, onarım, güçlendirme gibi restorasyon uygulama çalışması yapılmamış olup tamamen kaderine terkedilmiştir. Bunun için öncelikle yapının rölöve, restitüsyon ve restorasyon projeleri yapılarak, rölöve projesinde yapının mevcut durumu gösterilmiştir. Yapıda meydana gelen bozulmalar ve çatlaklar bir tablo ile yansıtılmıştır. Mevcut durum resistüsyon projesiyle de kıyaslanmıştır. Yapının özgün formunu belirlemek ve tarihi dokusunu bozmadan, zarar vermeden özellikle strüktürel çatlaklar için yapılan analizler ile en uygun onarım ve/veya güçlendirme çözümleri üretmek nihai amacımızdır.

Anahtar Kelimeler: Şahkulubey, Kümbet, Strüktürel Analiz, Restorasyon, Güçlendirme

1.GİRİŞ

Ülkemizin gerek bulunduğu coğrafya ile ilgili gerekse tarihi geçmişi ele alındığında neredeyse insanlığın var oluşundan bu yana binlerce yıllık tarihi bir geçmişe sahip olduğumuz bir coğrafyada yaşadığımız bilinmektedir. Dolayısıyla böyle değerli bir coğrafyada yaşadığımız ve bu tarihsel sürecin bize bıraktığı mirasa karşı sorumluluklarımızın olduğu bilinciyle, çok değerli binlerce tarihi yapıların gelecek nesillere de sağlıklı bir şekilde aktarılması gerektiği hususu unutulmamalıdır. Söz konusu bu tarihi değerlerin korunması ile ilgili yasal düzenlemelerin yapıldığı görülse de, birçok değerli tarihi mirasımızı da yitirdiğimiz bilinmektedir. Tarihin bize verdiği sorumluluk çerçevesinde bu değerler ile ilgili yapılacak bilimsel çalışmalar altında yasal çerçevede yapılacak koruma uygulamaları ile bu değerli miraslarımızdaki kayıpların önüne geçebileceğimiz düşünülmektedir.

Aşağıda verilen Resim 1’de görüleceği üzere kümbet kaderine terk edilmiş, harap olmuş, uyuşturucu müptelası olmuş kişilerin barınağı olmuş vaziyettedir. Bizler bu projeye sadece kümbeti tarihimize kazandırmayıp aynı zamanda şehrin ortasında kalmış bu kümbete sığınan uyuşturucu kullananlarında orda yaşayan insanlarımıza zarar vermesini bu mekanı onlardan da temizleneceğini düşünmekteyiz.



Resim 1. Şahkulubey Kümbeti

2. MATERYAL VE METOD

Projelendirme;

Rölöve çalışması ile yapının mevcut durumu çizime yansıtılarak yapının projesi tamamlanmıştır. Bu proje ile yapıdaki hasarlar ve bozulmalar tespit edilmiştir. Hazırlanan proje üzerinde söz konusu hasarlar gösterilmiştir. Rölöve çalışması hazırlanırken kullanılacak materyaller şunlardır; Lazer Total Station, Lazermetre, Şeritmetre, ile bölge tarihiyle ilgili yazılmış eserler, resimler, sözlü mülakatlar ve diğer kaynaklar.

Yapının Restitüsyon projesi yapılarak. Bu proje ile yapının dönemsel olarak ne kadarlık değişikliğe uğradığı ve Restorasyona hazırlık için ne gibi değişiklikler yapılması gerektiği hakkında bilgiye ulaşması hedeflenmiştir.

Restorasyon Çalışması ise, yapının hasar gören kısımları özgün formuna bağlı kalınarak gerekli tadilat ve müdahalelerin yansıtıldığı çalışmadır.

Malzeme Özellikleri Tespiti ve Strüktürel Analiz;

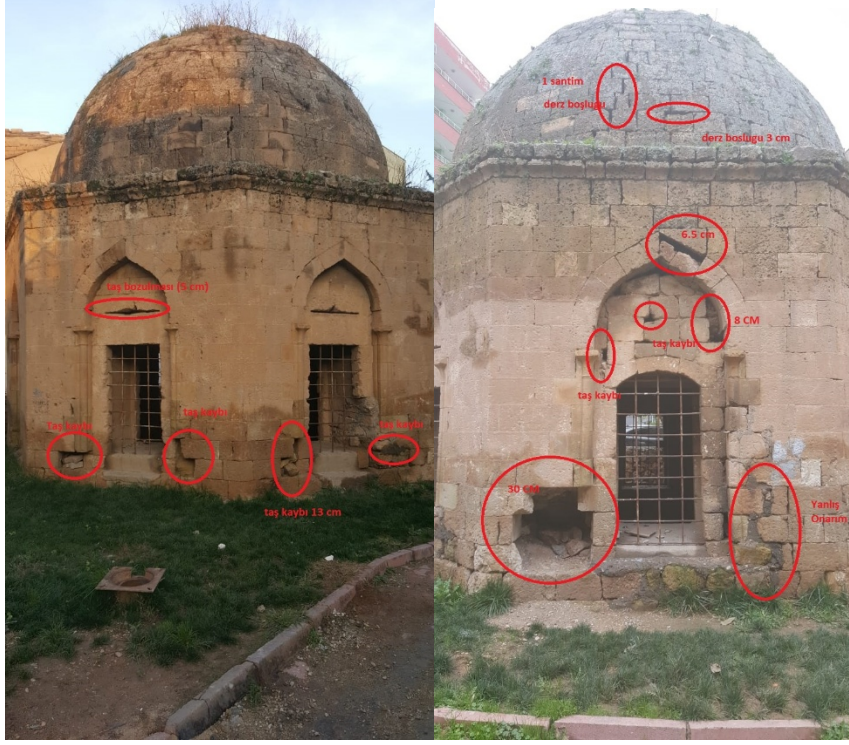
Rölöve çalışması ile elde edilen çizim paftalarında yapıdaki bozulmalar ve form kayıpları belirlenmiş. Hasar tespiti ve malzeme özellikleri ile ilgili gerekli ölçümlere ihtiyaç duyulan elemanlar tespit edilmiştir. Bu elemanlarda gözlem ve ölçümler yapılarak rölöve ve restitüsyon projeleri hazırlanmıştır.

Yapısal sorunlar göz önüne alınarak SAP2000 bilgisayar programında sonlu elemanlar yöntemiyle modellenmesi ile yapının taşıyıcı sistem ve güvenliğinin analizi yapılarak ve elde

edilecek sonuçlar ile bu tarihi kümbetin mevcut strüktürel durumu tespit edilerek, gerekli onarım ve/veya güçlendirme gereksinimi ortaya konularak nihai restorasyon önerisi sunulabilecektir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Kümbetin Mevcut Durumu



Resim 2. Yapısal hasarlar

The image displays three photographs of the exterior of the Şirvanşah Türbesi (Shirvan Shah Tomb) in Erzurum, showing various stone loss and damage. The top-left photo shows the dome and two arched windows with labels for 'Taş Dökülmesi (5 cm)', 'Taş Kaybı', 'taş kırığı', 'taş kırığı', and 'taş kırığı'. The top-right photo shows a close-up of the dome and a window with labels for 'Taş Dökülmesi', '4 cm', '5-2 cm', 'Taş Kaybı 25 cm', 'Taş Kaybı 20 cm', '5 cm', and '3 cm'. The bottom photo shows the dome and a window with a scale bar of 2.5 cm, and labels for '1 cm', 'Taş Kaybı', 'Derz Bölüğü', '3 cm', '2.5 cm', '3 cm', '3 cm', '3 cm', and 'Taş Kaybı'.

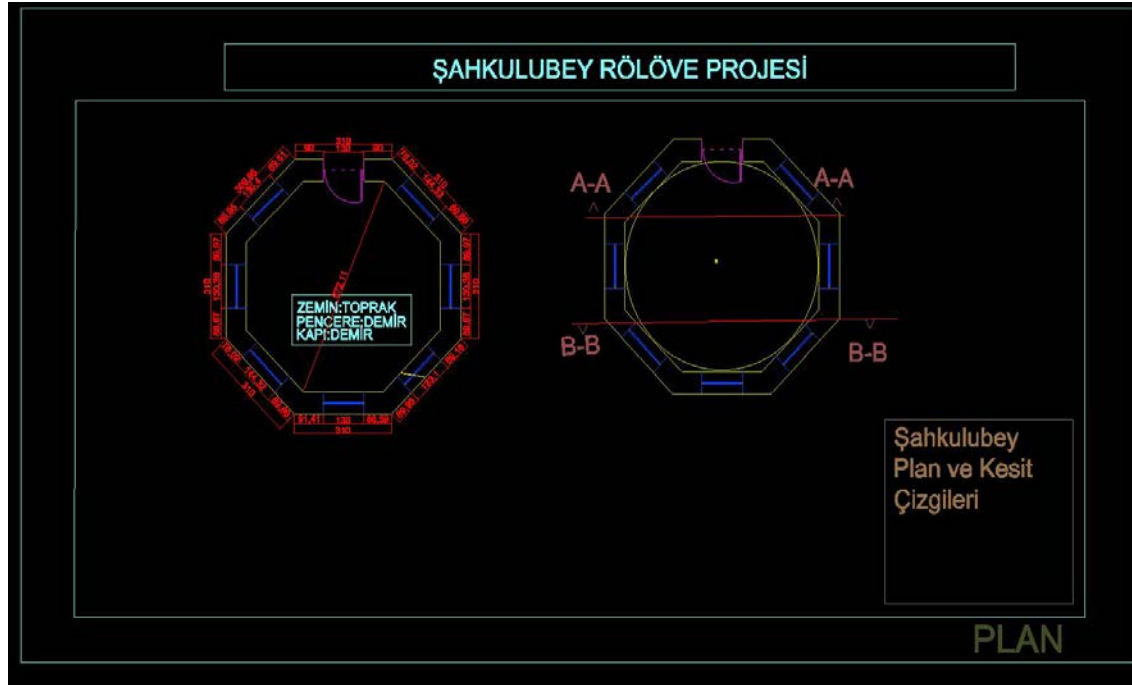
252

3.2. Mevcut Çatlak Analizi

HASAR	HASAR YERİ	Hasar Ölçüsü (CM)
Taş Bozulması	Pencerenin Üstünde	5 CM
Taş Kaybı	Pencere Sağında	15 CM
Taş Kaybı	Pencere Sağında	8 CM
Taş Kaybı	Pencere Solunda	13 CM
Taş Kaybı	Pencere Solunda	3 CM
Derz Boşluğu	Kubbe'de	1 CM
Derz boşluğu	Kubbe'de	3 CM
Derz boşluğu	Pencere Üstü	6,5 CM
Taş Kaybı	Pencere Üstü	2-3 CM
Taş Kaybı	Pencere Üstü	3 CM
Taş Kaybı	Pencere Üstü	8 CM
Taş Kaybı	Pencere Solunda	30 CM
Yanlış Onarım	Pencere Sağında	15 CM
Derz boşluğu	Pencere Sağında	2 CM
Derz Boşluğu	Pencere Sağında	1 CM
Taş Kaybı	Pencere Sağında	25 CM
Derz boşluğu	Pencere Sağında	2 CM
Derz Boşluğu	Pencere Solunda	1 CM
Hatalı Onarım	Pencere Solunda	5 CM
Taş bozulması	Pencere Üstünde	4 - 9 CM
Derz Boşluğu	Pencere Solunda	2 CM
Derz Boşluğu	Pencere Solunda	2 CM
Taş Kaybı	Pencere Solunda	15 CM
Taş Kaybı	Pencere Sağında	20 CM
Derz Boşluğu	Pencere Sağında	1 CM
Taş Dökülmesi	Pencere Üst Sağda	3 CM
Pencere Solunda	Pencere Solunda	3-7 CM
Taş Kaybı	Pencere Solunda	26 CM
Derz boşluğu	Pencere Sağında	2 CM
Derz boşluğu	Pencere Sağında	5 CM
Derz boşluğu	Pencere Sağında	4 CM
Taş Kaybı	Pencere Sağında	20 CM
Taş Kaybı	Kubbe'de	8 CM
Derz boşluğu	Kubbe'de	1 CM
Derz boşluğu	Pencere Üstünde	1 CM
Derz boşluğu	Pencere Üstünde	3 CM
Derz boşluğu	Pencere Sağında	2,5 CM
Derz boşluğu	Pencere Sağında	2 CM
YÜZEY KAYBI	Pencere Sağında	7 CM
Derz boşluğu	Pencere Solunda	2 CM
Derz boşluğu	Pencere Solunda	2 CM
Derz boşluğu	Pencere Solunda	1 CM

Çizelge 1. Mevcut çatlak analizi

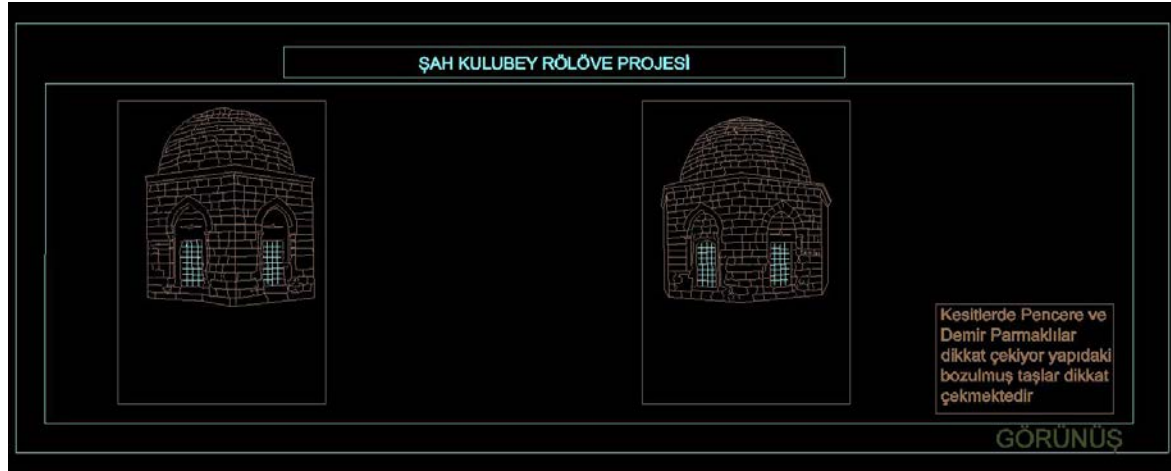
3.3. Projeler



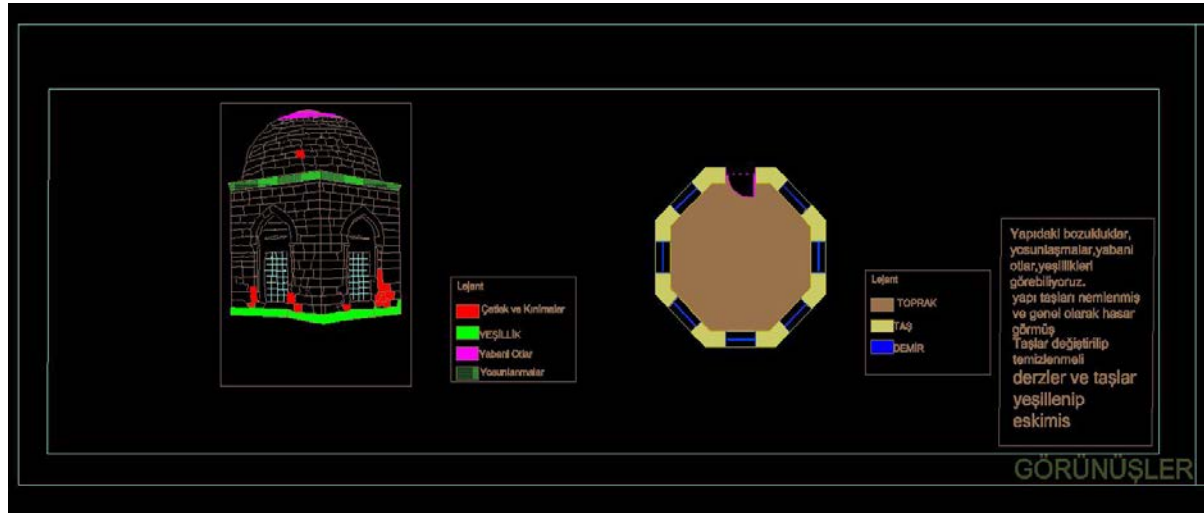
Resim 4. Rölöve projesi plan



Resim 5. Rölöve projesi kesitler



Resim 6. Rölöve projesi görünüşü



Resim 7. Rölöve projesi görünüşü



Resim 8. Restitüsyon projesi

4. RESTORASYON

Restorasyon hazırlanan rölöve çalışmaları ve restitüsyon projesi doğrultusunda yapılmalıdır. Rölöve çalışmaları sırasında bakımsızlıktan dolayı ortaya çıkan değişimler ve hasarlar tespit edilmiştir. Restitüsyon projesinde de yapılan bu çalışmalar sonucu elde edilen bilgiler ışığında kümbetin ilk hali ortaya konulmuştur. Buna göre yapının restorasyon önerisinde; yapının niteliksiz eklerden arındırılması, temizlenmesi, dayanımlarını kaybettiği düşünülen kagir duvarların dayanımlarını arttırıcı müdahaleler, gerekli görülecek yerlerde duvarların, tavan ve döşemelerin sökülerek özgün malzeme ve yapım tekniği kullanılarak yeniden inşa edilmesi daha doğru olacaktır. Gerek görülmediği takdirde eksik taşların özgün taş ve mineral bir harç ile tamamlanması yeterli olacaktır. Boşalan derzler özgün harçlar ile doldurulmalıdır. Kapı ve pencere doğramalarının restitüsyon çalışmasında önerilen şekle uygun olarak özgün malzeme ile yeniden yapılması öngörülmüştür. Kubbe kısmında kubbe güvenliği analizi yapılarak gerektiğinde takviyelerle güçlendirilme yapılmalıdır. Kubbede görülen bitkilenmenin temizlenmesi ve özgün taşlarla ve derzler bir bağlayıcı ile doldurulmalıdır. Kümbet bütününde çatlaklar için epoksi enjeksiyonu ile çatlak güvenliği sağlanmış olur. Yine kaplama olarak da hazır tamir harçları kullanılabileceği öngörülmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında öncelikle tekkenin mevcut durumu belgelenmiştir. Rölöve çalışmalarında geleneksel yöntemler kullanılmıştır. Yapının detaylı fotoğrafları çekilerek fotoğraf albümü oluşturulmuştur. Araştırmalar sonucunda elde edilen belgeler, yapıyla ilgili kişilerle yapılan röportajlar ve rölöve çalışmaları sonucu elde edilen izler ışığında restitüsyon projesi hazırlanmıştır. Bu çalışma ile Şahkulubey Kümbetini kültürel miraslarımız içinde yaşamasına katkı sunacak bilimsel veriler ile mevcut virane halinden kurtaracak çözüm önerileri üretmek bve gelecek nesillere daha sağlıklı bir şekilde aktarmak istemekteyiz. Daha önce gerek bu tarihi kümbet üzerinde gerekse Mardin'imizin benzer şekilde yok olmaya yüz tutmuş diğer nadide eserleri üzerinde bilimsel çalışmaların çok fazla yapılmadığını görmekte ve yine bu çalışma ile diğer bilimsel çalışmalara teşvik ve davet edeceğimizi düşünmekteyiz.

BİR YANARDAĞIN ANATOMİSİ: NEMRUT VOLKANI, BİTLİS

Yunus Levent EKİNCİ

Doç. Dr., Bitlis Eren Üniversitesi

Aydın BÜYÜKSARAÇ

Prof. Dr., Bitlis Eren Üniversitesi

Özcan BEKTAŞ

Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Özet

Doğu Anadolu'nun günümüz topoğrafik yüzeyinin şekillenmesinde Pliyo-Kuvaterner volkanizma oldukça etkin olmuştur. Bu jeolojik olgunun son ürünleri tarihsel aktivitesi olan volkanlardır. Bunlardan birisi de Bitlis ili sınırları içinde ve Van Gölü'nün batısında bulunan Nemrut volkanıdır. Güncel püskürme MS 1441, 1597 ve 1692 yıllarında kaydedilmiştir. Ancak volkanik aktivite başlangıcı günümüzden 1 milyon yıl öncesine kadar gitmektedir. Bu aktivitenin görsel kayıtları arasında morfoloji ile belirgin ve manzarası ile ilgi çekici olan, 8.5 km × 7.0 km boyutlarında kaldera bulunmaktadır. Çökme bölgesi olan kaldera aynı zamanda Nemrut Krater Gölü veya Nemrut Gölü olarak isimlendirilir. Günümüz yaygın aktivitesi volkano-sismik hareketlilik, kaldera içi hidrotermal-buhar çıkışıdır. Farklı disiplinlerce çok farklı çalışmalar olmasına rağmen, günümüze kadar bu volkan ve civarı kapsamlı jeofizik verilerle incelenmemiştir. Bu çalışmada Nemrut Volkanı ve civarının havadan manyetik ve gravite belirtileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Nemrut Volkanı, Kaldera, Gravite ve Manyetik Belirtiler.

Giriş

Nemrut Volkanı (Şekil 1) Van Gölü yakınlarında, sönmüş değil uyuyan bir yanardağdır. Van Gölü'nün güneybatısında bulunan Tatvan'a yaklaşık olarak 10 km uzaklıkta bulunan Nemrut Volkanı ayrıca Bitlis merkez ilçesi ve Ahlat toprakları üzerinde de yer almaktadır. Tektonik olarak ise Arap platformunun bindirme kuşağı kuzeyi boyunca uzanan ve güneydoğu Türkiye'den İran'daki Zagros Dağlarına kadar devam eden karmaşık Bitlis Zagros Kenet Kuşağı

üzerinde konumlanmıştır (Şekil 2). Volkanın adı, bu alanı yaklaşık olarak MÖ. 2100'lerde yöneten Kral Nimrod'tan gelmektedir. Nemrut'un en etkili patlamaları Pleistosen'de oluşmuş ve sonuncusu ise MS 1692'de çok sayıda küçük patlamalar ile meydana gelmiştir. Yanardağın tepesinde büyük bir gölü barındıran çöküntü kalderası yer almaktadır. Nemrut, bölgedeki sismik ve volkanik aktiviteyi belirleyen Arap ve Avrasya tektonik levhalarının çarpışma bölgesinde yer alan polijenik bir volkanik yanardağdır. Nemrut, Ağrı, Tendürek ve Süphan volkanik dağları Türkiye'nin doğusundaki ana volkanlardır. Bunlar, Arap ve Avrasya levhalarının sınırları boyunca uzanan karmaşık bir fay alanında yer almaktadır. Nemrut Yanardağı, bu volkanların en batı kısmıdır. Yaklaşık 1 milyon yıl önce Nemrut, muhtemelen Erken Kuvaterner Döneminde oluşmuştur. Yaklaşık 250.000 yıl önce orta Pleistosen'de, büyük bir patlama, Van havzasından gelen su akışını engelleyen ve Van Gölü'nü oluşturan 60 km uzunluğunda bir lav akışı oluşturmıştır. Aynı dönemde, yanardağın konik tepesi içe doğru çöken 8.5 km × 7 km boyutlarında bir kaldera oluşturmıştır. Nemrut Volkanı ile ilgili oldukça kapsamlı bazı volkanolojik, morfolojik ve jeolojik çalışmalar yapılmasına karşın volkanın yüzey altı yapısı ve özellikleri hakkında günümüze kadar yapılmış detaylı bir jeofizik çalışma bulunmamaktadır. Bu amaçla, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından toplanan manyetik ve gravite verileri yardımıyla Nemrut Volkanı incelenmiştir.



Şekil 1. Nemrut volkanı ve krater gölünün havadan görünüşü.

https://www.reddit.com/r/SonyAlpha/comments/7zpu0j/nemrut_volcano_turkey_sony_a7rii_2470mm_gm/?depth=1



Şekil 2. Türkiye ve çevresinin basitleştirilmiş neotektonik haritası (Okay ve Tüysüz 1999, USGS 2010, Yiğitbaş vd. 2004, Ekinci ve Yiğitbaş 2012 ve 2015'ten düzenlenmiştir). Siyah yıldız Nemrut Volkanını göstermektedir.

Veri Seti

Havadan manyetik veriler MTA tarafından 1975-1989 yılları arasında ortalama 625 m uçuş mesafesi ile 1-2 km profil aralıklarında ve yaklaşık olarak her 70 m de bir toplanmıştır. IGRF (International Geomagnetic Reference Field) düzeltmesi 1985 yılına göre yapılmış ve veriler 2 km aralıklarla gridlenerek yayınlanmıştır (MTA, 2010). Rejyonel Bouguer gravite verileri ise yine MTA tarafından 1973-1988 yılları arasında yaklaşık 2-5 km aralıklarla toplanmıştır. Bütün düzeltmeler yapılmış Bouguer gravite verileri 2 km aralıklarla gridlenerek MTA (2006) tarafından yayınlanmıştır.

Veri İşlem

Manyetik ve gravite belirti haritalarında yeryüzünde farklı derinliklerde bulunan ve belirtiye neden olan tüm kaynak yapıların etkileri bulunmaktadır. Çalışmanın amacına göre rezidüel ve rejyonal kökenli kaynak yapı etkilerinin birbirlerinden ayrılması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda rejyonal etkiler genellikle matematiksel bağıntılar yardımıyla hesaplanmakta ve rejyonal etkiler gözlem değerlerinden çıkarılarak rezidüel belirtiler elde edilmektedir. Hesaplama yöntemlerinden biri de sonlu elemanlar yöntemi (SEY)'dir (Mallick ve Sharma, 1999). SEY'de kullanılan şekil fonksiyonları yardımıyla rejyonal etki hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada da SEY kullanılarak rejyonal Bouguer gravite haritasından (Şekil 3a) hesaplanan derin kökenli etkiler atılarak rezidüel gravite haritası oluşturulmuştur (Şekil 3b). Şekillerden kolaylıkla görüleceği üzere gravite belirtileri beklenildiği gibi kaldera ağzı ve civarında düşük genlik değerleriyle temsil edilmektedir. Düşük yoğunluklu çöküntü malzemesi ve yüksek hacimde ki su kütlesinden dolayı düşük genlik değerleri elde edilmektedir.

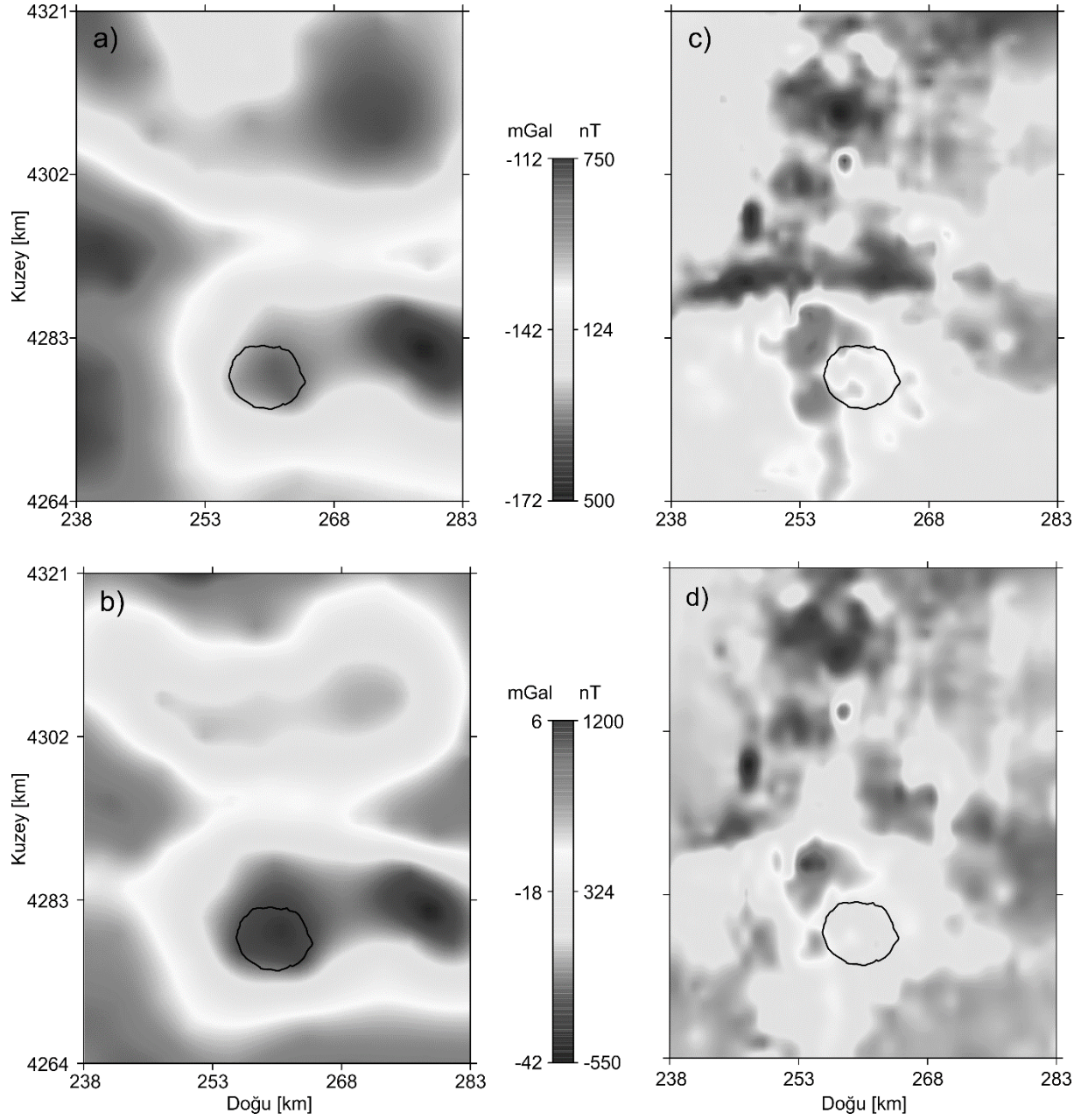
Herhangi bir manyetik belirtinin şekli; çevreleyen manyetik alanın ve manyetizasyonun inklinasyon ve deklinasyon açısına bağlı olarak değişmektedir. Aynı parametrelere sahip iki kaynak yapı, bulundukları coğrafi konuma bağlı olarak inklinasyon ve deklinasyon açılarının değişmesinden dolayı, farklı belirtiler üretirler. Bu nedenle manyetik belirtilerin yorumlanma aşamasında karşılaşılan sorunlardan biri kaynak yapı ile belirti arasında açık bir ilişki gözlenememesidir (Blakely, 1995). Manyetizasyonun ve çevre alanın düşey olarak yönlenmediği durumlarda inklinasyon ve deklinasyon açılarından kaynaklanan etkiler sonucunda manyetik belirtilerde bir bozulma olduğundan, en yüksek genlik değerleri kütle merkezi üzerinde gözlenmezler. Bu nedenle, kaynak yapıların belirtilerinin gerçek yerlerine çekilmesi için kutba indirgeme işlemi uygulanmaktadır. Şekil 3c ve 3d'de sırasıyla toplam alan manyetik belirti haritası ve kutba indirgenmiş verilerden üretilen belirti haritası sunulmuştur. Gravite belirti haritasının aksine kaldera ile manyetik genlik değerleri arasında bir uyum gözlenememiştir. Özellikle kalderanın kuzey kısmında yüksek manyetik değerler göze çarpmaktadır. Bunun sebebinin ise kalderanın kuzeyinde bulunan Kantaşı ignimbiritlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuçlar

Bu çalışmada, Nemrut Volkanı ve civarının gravite ve manyetik belirtileri incelenmiştir. Bazı veri işlem aşamalarından sonra elde edilen belirti haritalarında krater alanı ile gravite belirtileri arasında bir uyum olduğu gözlenmiştir. Ancak yüksek manyetik belirtilerin kaldera kütlesi ile uyumlu olmadığı belirlenmiştir. Devam eden çalışmalar kapsamında gravite ve manyetik belirtilerin üç-boyutlu modellenmesi sonucunda Nemrut Volkanının iç ve derin yapısı hakkında yeni bilgilere ulaşılabacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan Bouguer gravite ve havadan manyetik veriler MTA tarafından oluşturulan haritalardan elde edilmiştir. Bu çalışma Bitlis Eren Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje No: BEBAP 2018.04).



Şekil 3. (a) Rejyonal Bouguer gravite belirti haritası, (b) SEY kullanılarak elde edilmiş rezidüel gravite belirti haritası, (c) Havadan toplam alan manyetik belirti haritası, (d) Kutba indirgenmiş manyetik belirti haritası.

Kaynaklar

- Blakely R.J, 1995. Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications. Cambridge University Press, Cambridge. 441 p.
- Ekinci YL, ve Yiğitbaş EA, 2012. Geophysical approach to the igneous rocks in the Biga Peninsula (NW Turkey) based on airborne magnetic anomalies: geological implications. *Geodinamica Acta* 25, 267–285.
- Ekinci YL, ve Yiğitbaş E, 2015. Interpretation of gravity anomalies to delineate some structural features of Biga and Gelibolu peninsulas, and their surroundings (north-west Turkey). *Geodinamica Acta*, 27, 300–319.
- Mallick K., ve Sharma K.K, 1999. A Finite Element Method for Computation of the Regional Gravity Anomaly. *Geophysics*, 64 (2): 461-469.
- MTA, 2006. Türkiye Rejyonal Gravite Bouguer Anomali Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- MTA, 2010. Türkiye Havadan Rejyonal Manyetik Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Okay AI, ve Tüysüz O, 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen. In: Durand B, Jolivet L, Horváth F, Séranne M (Eds.), Geological Society of London, Special Publication, 156, 475–515.
- USGS, 2010. Porphyry copper assessment of the Tethys Region of Western and Southern Asia. Scientific Investigation Report, 2010–5090–V.
- Yiğitbaş E, Elmas A, Sefunç A, ve Özer N, 2004. Major neotectonic features of eastern Marmara region, Turkey: Development of the Adapazari-Karasu corridor and its tectonic significance. *Geological Journal*, 39, 179–198.

MARDİN VE CİVARININ DEPREMSELLİĞİ

Rezzan EKİNCİ

Jeofizik Mühendisi, Bitlis Eren Üniversitesi

Aydın BÜYÜKSARAÇ

Prof. Dr., Bitlis Eren Üniversitesi

Yunus Levent EKİNCİ

Doç. Dr., Bitlis Eren Üniversitesi

Ercan IŞIK

Doç. Dr., Bitlis Eren Üniversitesi

Özet

Arap ve Avrasya Plakalarının çarpışması ile ortaya çıkan tektonik etkiler nedeniyle, Anadolu plakasında iki önemli kırık oluşmuştur. Bu zayıflık bölgeleri boyunca (Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fayları) meydana gelen depremler, Türkiye'nin en büyük depremleri olarak nitelendirilmektedir. Doğu Anadolu kırığının hemen güneyinde yer alan ve sözü geçen çarpışmanın etkisiyle oluşan Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nın güney kısmı için deprem yoğunluğunda gözle görülür bir azalış söz konusudur. Mardin'in de coğrafik olarak yer aldığı bu bölgede doğal olarak depremselliğin oldukça etkili olduğundan söz edilemez. Ancak, yakın çevrede meydana gelebilecek büyük bir deprem sonucunda olası bir etkileşimden söz edilebilir. Bu nedenle bu çalışmada Mardin ili ve yakın civarında meydana gelmiş belirli büyüklükteki depremler için büyüklük–frekans ilişkisinin istatistiksel bir analizi yapılmıştır. Böylece, çalışma bölgesinde farklı büyüklüklerdeki depremlerin olma olasılıkları ve ayrıca geri dönüş periyodları stokastik bir şekilde belirlenmiştir. Depremsellik olasılık dağılımlarının istatistiksel analizi için Gutenberg–Richter ilişkisi ile Poisson olasılık belirleme yöntemleri kullanılmış ve çalışma bölgesi için, depremsellik parametresi olan b değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nın güneyine doğru ilerledikçe gerilmenin belirgin bir şekilde azaldığını göstermiştir. Ayrıca, en düşük gerilme değerlerinin ise genellikle Şanlıurfa ve Şırnak illeri arasında kalan alanda olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgular, Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nın güneyinde ve kuzeyinde yer alan bölgelerin deprem üretme potansiyeli bakımından

birbirinden tamamen farklı karakterlerde olduğunu göstermiştir. Yıl bazında tekrarlanma periyodları değerlerinin verildiği görüntü haritaları ise, bu değerlerin kuzey kesimlerde oldukça düşük olduğunu işaret etmiştir. Güney kesimlere doğru bu değerlerde oldukça belirgin bir artış olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen deprem tehlikesi parametreleri ve bu parametrelerden üretilen görüntü haritalarının bölgenin aktif tektonik yapısıyla oldukça uyumlu olduğu gözlenmiştir.

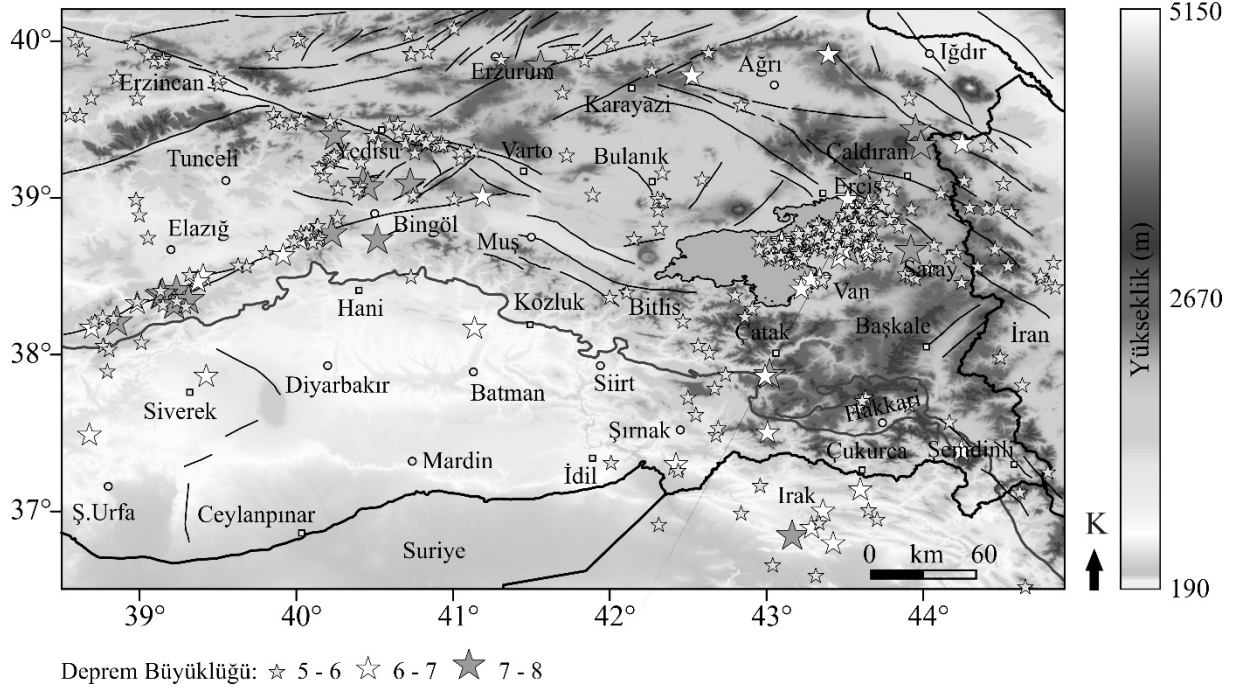
Anahtar Kelimeler: Mardin, Depremsellik, Olasılık, Tekrarlanma Periyodu

Giriş

Tarih boyunca insanoğlunun karşılaştığı en büyük sorunlardan biri de afetler olmuştur. Afetlerin Epidemiyolojisini Araştırma Merkezi (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, CRED) afet tanımı için; yerel imkanları yetersiz bırakan, ulusal veya uluslararası seviyede acil yardım gerektiren, önceden kestirilemeyen ve çoğunlukla birdenbire gelişen büyük zararlara, yıkımlara ve insanların çeşitli acılar çekmesine neden olan durum veya olay ifadesini kullanmaktadır (Hoyois vd. 2007). Ülkemiz de jeolojik, jeomorfolojik, meteorolojik ve klimatolojik özellikleriyle doğal afetlerin oldukça sık yaşandığı ülkeler arasında yer almaktadır. Cumhuriyet döneminde meydana gelmiş olan 1939, 1992 Erzincan depremleri, 1966 Muş-Varto Depremi, 1995 Dinar depremi, 17 Ağustos 1999 Marmara depremi, 23 Ekim 2011 Van depremi oldukça büyük maddi ve manevi yıkımlara yol açmıştır. Ülkemizde 2007 yılına kadar son 70 yılda yaklaşık 600 bin civarında konut doğal afetler nedeniyle hasar görmüştür. Bu toplamın yaklaşık %66'sı depremlerden kaynaklanmaktadır (Özkul ve Karaman 2007).

Bilindiği üzere ülkemiz dünyanın en önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya Deprem Kuşağı üzerinde yer almaktadır. Ülkemizin doğusu, erken Miyosenden beri Arap ve Avrasya levhalarının Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı adı verilen bir deformasyon zonu boyunca çarpıştığı oldukça aktif tektonik bir bölgeyi kapsamaktadır (Dewey vd. 1986, Yılmaz 1993, Gökalp 2012, Akinci ve Antonioli 2013, Çukur vd. 2013). Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden alınan veriler kullanılarak Şekil 1'de Mardin ilinin de içinde bulunduğu ülkemizin doğu kesiminde 1900 yılından günümüze kadar kaydedilmiş 5.0 ve üzeri büyüklükteki depremler harita düzlemi üzerinde gösterilmiştir. Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu

Fay zonu boyunca ve Van Gölü'nün özellikle doğu kısmında deprem aktivitesi oldukça fazladır. Buna karşın Mardin ilini de içeren ve Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nın güneyindeki kısım için deprem yoğunluğunda gözle görülür bir azalım söz konusudur.



Şekil 1. Ülkemizin doğu kısmında 1900-2017 yılları arasında gerçekleşmiş $M \geq 5.0$ depremler.

Her ne kadar Mardin ili Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nın kuzeyinde kalan iller kadar yoğun bir sismik aktiviteye sahip olmasa da Şanlıurfa, Siverek, Batman ve Kuzey Irak civarlarında ili etkileyebilecek büyüklükte ve yakınlıkta depremler olduğu görülebilmektedir (Şekil 1). Bu nedenle, bu çalışmada Mardin ili ve yakın civarında meydana gelmiş belirli büyüklükteki depremler için büyüklük–frekans ilişkisinin istatistiksel bir analizi yapılmıştır. Böylece, çalışma bölgesinde farklı büyüklüklerdeki depremlerin olma olasılıkları ve ayrıca geri dönüş periyodları stokastik bir şekilde belirlenmiştir. Depremsellik olasılık dağılımlarının istatistiksel analizi için Gutenberg–Richter ilişkisi ile Poisson olasılık belirleme yöntemleri kullanılmış ve çalışma bölgesi için, depremsellik parametresi olan b değerleri hesaplanmıştır.

Gutenberg–Richter (G–R) İlişkisi ve Poisson Olasılık Hesabı

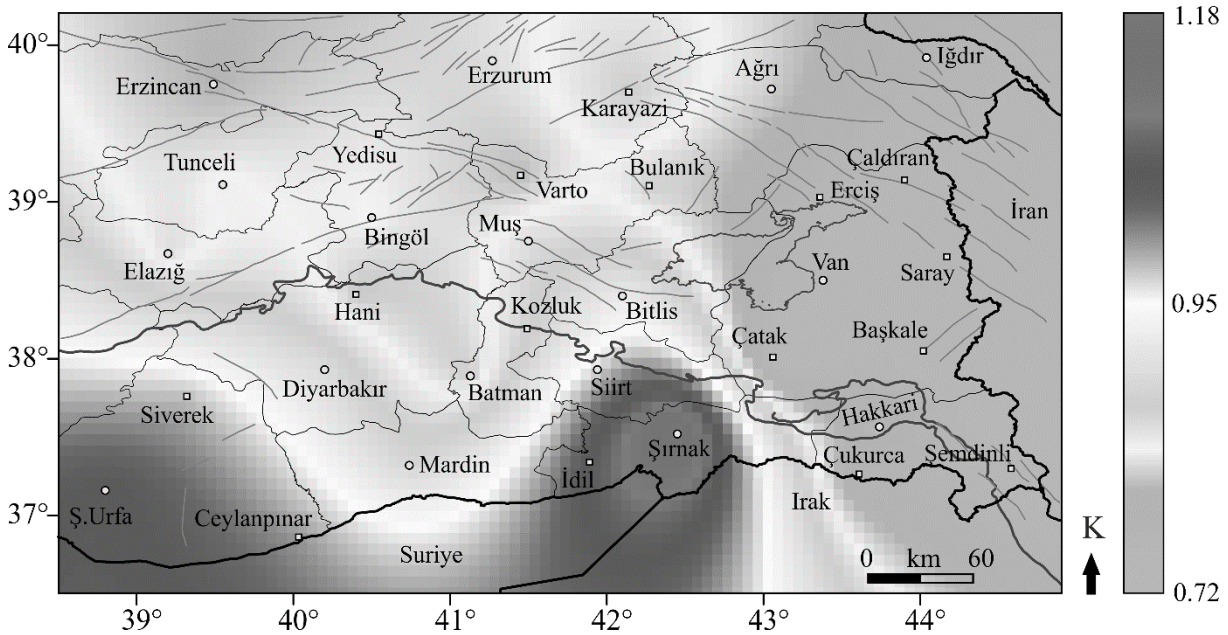
Depremsellik olasılık dağılımlarının istatistiksel analizi için G–R (Gutenberg ve Richter 1944) ilişkisi (büyüklük–frekans ilişkisi) ile Poisson (1838) olasılık belirleme yöntemi kullanılmıştır. Böylece, çalışma bölgesinde farklı büyüklüklerdeki depremlerin olma olasılıkları ve geri dönüş periyodları stokastik şekilde belirlenmiştir. G–R ilişkisinde kullanılan b değeri tektonik tanımlama parametresidir ve depremselliğe bağlı sismik aktivite ve değişimin göstergesidir (Akol ve Bekler 2013). Kalyoncuoğlu (2007) gerilme artıkça b değeri parametresinin azaldığını vurgulamıştır. Poisson yöntemi ise belirli bir lokasyonda ve zaman aralığında meydana gelebilecek deprem sayısını belirlemede kullanılır ve bazı varsayımları kabul eder. Poisson yaklaşımının orta ve büyük ölçekli depremler için uygun olduğu bazı istatistiksel çalışmalarla belirlenmiştir (Akol ve Bekler 2013).

Bulgular

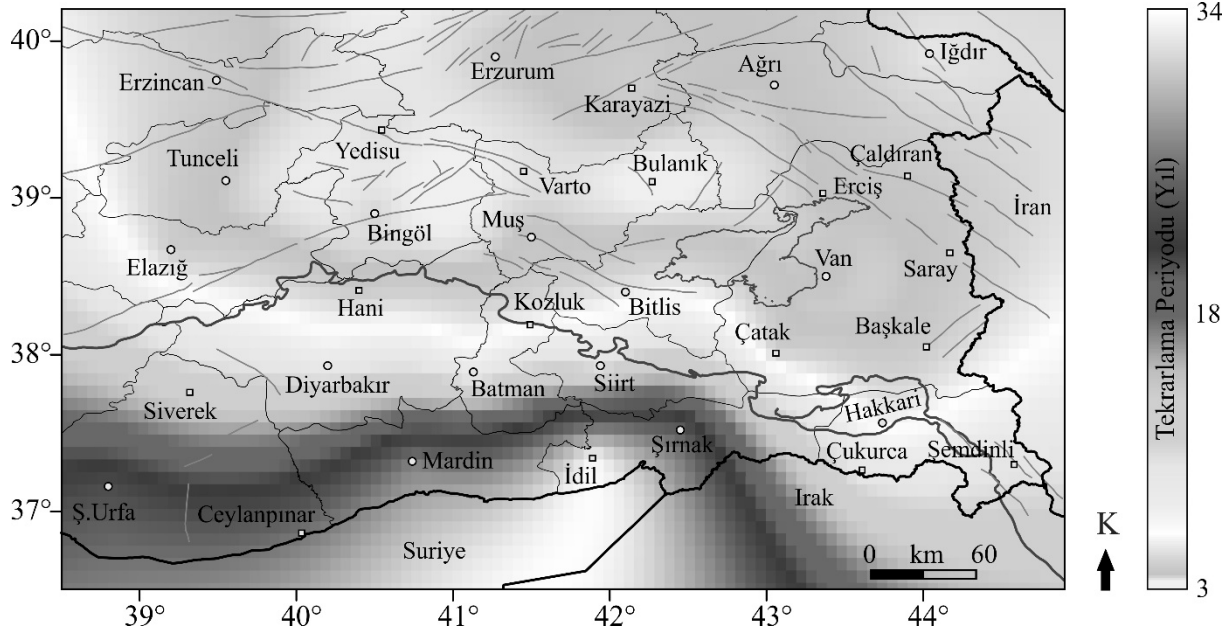
Geniş tutulan çalışma alanında 33 yerleşim yeri için hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar görüntü haritalarıyla sunulmuştur. Hesaplamaların yapıldığı bütün yerleşim yerleri harita düzlemi üzerinde işaretlenmiştir. Çalışma alanında bulunan her bir yerleşim yeri merkez olacak şekilde 150 km yarıçap içinde kalan depremler değerlendirilmiştir. Şekil 2’de sunulan b değerlerinin değişimleri incelendiğinde bölgedeki yüksek tektonik gerilmenin genellikle Van ili ve ilçelerinde gözlendiği görülmektedir. Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı’nın güneyine doğru ilerledikçe gerilmenin azaldığı belirlenmiştir. En düşük gerilme değerleri genellikle Şanlıurfa ve Şırnak illeri arasında kalan bölgelerdedir. Bu bulgular Kenet Kuşağının güneyinde ve kuzeyinde kalan bölgelerin deprem üretme potansiyeli bakımından tamamen farklı karakterlerde olduğunu işaret etmiştir. Mardin ili için b değeri yaklaşık 0.9 olarak hesaplanmıştır. 5.5 büyüklüğündeki bir deprem yıl bazında tekrarlanma periyodları değerlerinin sunulduğu görüntü haritası incelendiğinde (Şekil 3) bu değerlerin, kuzey kesimlerde oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Güney kesimlere doğru gidildikçe bu değerlerde oldukça belirgin bir artış söz konusudur. Mardin ili merkez olacak şekilde 150 km yarıçap içinde 5.5 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlanma periyodu 25 yıl olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar

Mardin ili ve civarının depremsellik riskinin belirlenmesi amacıyla oldukça geniş bir bölge seçilmiş ve toplam 33 yerleşim yerine göre 150 km yarıçaplı bölgede meydana gelen depremlerden b değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca 5.5 büyüklüğünde bir depremin tekrarlanma periyodu değerleri de elde edilmiştir. Bitlis-Zagros Kenet Kuşağının güneyinde kalan Mardin ili için gerilme değerlerinin kısmen düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak, Mardin ilini ciddi bir şekilde etkileyebilme potansiyeline sahip depremlerin geçmişte gerçekleştiği bilinmektedir. Böyle bir depremin tekrarlanma periyodunun ortalama 25 yıl olması Mardin ili içinde bir risk oluşturduğu kesindir. Bu nedenle yapılaşmanın hızlı geliştiği Mardin ilinde mevcut zemin koşullarının iyi incelenmesi ve deprem yönetmeliğine uyumlu bina tasarımları yapılması can ve mal güvenliği için oldukça önemlidir.



Şekil 2. Her bir yerleşim yeri için 150 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş b değeri haritası.



Şekil 3. Her bir yerleşim yeri için 150 km yarıçap içinde kalan depremlerin değerlendirilmesi ile elde edilmiş, 5.5 büyüklüğündeki bir depremin tekrarlama periyodu haritası.

Teşekkür

Bu çalışma ilk yazarın Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Acil Durum ve Afet Yönetimi Anabilim Dalında yaptığı yüksek lisans tezinin bir kısmını içermektedir.

Kaynaklar

- Akinci A, Antonioli A, 2012. Observations and stochastic modelling of strong ground motions for the 2011 October 23 Mw 7.1 Van, Turkey, earthquake. *Geophysical Journal International*, 192: 1271–1239.
- Akol B, Bekler T, 2013. Assessment of statistical earthquake hazard parameters for NW Turkey. *Natural Hazards*, 68: 837–853.
- Çukur D, Krastel S, Demirel-Schlüter F, Demirbağ E, Imren C, Niessen F, Toker M, Paleo-Van Working Group, 2013. Sedimentary evolution of the Lake Van (Eastern Turkey) reconstructed from high-resolution seismic investigations. *International Journal of Earth*

Sciences, 102: 571–585.

Dewey JF, Hemton MR, Kidd WSF, Şaroğlu F, Şengör AMC, 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia-a young collision zone. Geology Society of London Special Publications, Special Publications, 19: 1–36.

Gökalp H, 2012. Tomographic imaging of the seismic structure beneath the East Anatolian Plateau, Eastern Turkey. Pure and Applied Geophysics, 169: 1749–1776.

Gutenberg B, Richter CF, 1944. Frequency of earthquakes in California. Bulletin Seismological Society of America, 34: 185–188.

Hoyois P, Below R, Scheuren J-M, Guha-Sapir D, 2007. Annual disaster statistical review: numbers and trends. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), School of Public Health, Catholic University of Louvain, Brussels, Belgium.

Kalyoncuoğlu ÜY, 2007. Evaluation of seismicity and seismic hazard parameters in Turkey and surrounding area using a new approach to the Gutenberg–Richter relation. Journal of Seismology, 11: 131–148.

Özkul B, Karaman E, 2007. Doğal Afetler İçin Risk Yönetimi. TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Aralık 2007, İnşaat Mühendisleri Odası Kongre ve Kültür Merkezi-Ankara, s: 251–260.

Poisson SD, 1838. Recherches Sur la Probabilite des Jugements en Matieres Criminelles et Matiere Civile. Elibron Classic Series. Paris.

Yılmaz Y, 1993. New evidence and model on the evolution of the Southeast Anatolia Orogen. Geological Society of America, 105: 251–271.

Natural and Synthetic Hydroxyapatite Composites Reinforced with Expanded Perlite, P_2O_5 , MgO and ZrO_2

Mehtap MURATOĞLU
Tuğçe ÖZCAN
Selin BAYDEMİR
Büşra ÖNCE

Firat University,
Metallurgy and Materials Engineering Department, Elazığ-TURKEY

Abstract

In this article, hydroxyapatite was used as a matrix material consisted of as natural end synthesizd. Natural hydroxyapatite structure was synthesis using sheep bones Addition of 5, 10% by weight of expanded perlite added. 1,5,10% by weight of ZrO_2 were added to the both matrixes for producing biocomposite material,And also the addition of the MgO and P_2O_5 with the constant proportion % 5 by weight was made to the all samples. . In order to observe affect of the grain size, perlites were used in three different sizes: 50, 75 and 100 microns. The samples were compacted with cold press at 25 MPa and sintered at 900 °C 1 hour. The density, micro-hardness, SEM and EDX analyzes were performed to determine the characterization of samples. The results were compared on the basis of matrix. As a result; It was observed that hardness values increased with the increase of the percentage of ZrO_2 . Also, it was observed that increasing the size of the perlite was increased the amount of porosity for composite materials.

Keywords: Natural Hydroxyapatite, Synthetic Hydroxyapatite, Expanded Perlite, P_2O_5 , MgO, ZrO_2 .

Genleştirilmiş Perlit, P_2O_5 , MgO ve ZrO_2 Takviyesi ile Elde Edilen Doğal ve Sentetik Hidroksiapatit Kompozitlerin İncelenmesi

Mehtap MURATOĞLU

Tuğçe ÖZCAN

Selin BAYDEMİR

Büşra ÖNCE

Firat University,

Metallurgy and Materials Engineering Department, Elazig-TURKEY

ÖZET

Bu çalışmada, doğal hidroksiapatit yapısı koyun kemikleri kullanılarak sentezlenmiştir. Elde edilen koyun kemikleri ve ticari sentetik hidroksiapatit matris olarak kullanılmıştır. Her iki matrise ağırlıkça % 5, 10 oranlarında genleştirilmiş perlit ve % 5 P_2O_5 , MgO ilavesi sabit tutuldu. Buna ek olarak ağırlıkça % 1, 5, 10 ZrO_2 ilave edilerek elde edilen numunelerin karakterizasyonu incelendi. Tane boyutunun kıyaslanabilmesi için ilave edilen perlitler 50, 75 ve 100 mikron olmak üzere üç farklı büyüklükte kullanılmıştır. Numuneler 25 Mpa basınç altında soğuk pres ile kompaktlandı ve 900 °C “de sinterlendi. Her iki matrisin karakterizasyon özelliklerinin tayini için yoğunluk, mikro-sertlik, SEM ve EDX analizleri yapıldı. Elde edilen sonuçlar matris bazında karşılaştırıldı. Sonuç olarak; ZrO_2 ilavesinin ağırlıkça yüzde oranının artması ile sertlik değerlerinde artış gerçekleştiği gözlemlendi. Ayrıca perlit ilavesinin artması ve mikron boyutunun büyümesi, biyomalzemede gözeneklilik miktarında da artmaya neden olduğu gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Doğal hidroksiapatit, Sentetik Hidroksiapatit, Genleştirilmiş Perlit, P_2O_5 , MgO, ZrO_2 .

1. GİRİŞ

Günümüzde önemi ve uygulama alanı gittikçe artan biyoyumlu, güvenilir ve etkin olan biyomalzemeler, insan vücudundaki organ ya da canlı dokuların işlevlerini yerine getirmek veya

desteklemek amacıyla kullanılan malzemeler olup, sürekli olarak veya belli aralıklarla vücut sıvıları ile temas halindedirler [1]. En önemli özellik biyouyumluluk olup, yapısal ve yüzey uyumluluğu olmak üzere iki şekilde incelenebilir. Yüzey uyumluluğu, bir biyomalzemenin vücut dokularına fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak uygun olmasıdır. Yapısal uyumluluk ise malzemenin vücut dokularının mekanik davranışına sağladığı optimum uyumdur [2]. Bazı durumlarda elde edilen biyomalzemeler hem mekanik hem de vücut dokularına adapte olmada doğal doku veya organ özellikleri sergileyemezler. Bu konuda yapılan araştırmalarda doğal kemik içeriğinin yaklaşık ağırlıkça % 60-70 oranlarında Hidroksiapatit(HA) bulunmakta olduğu gözlenmiştir [3, 4]. Bu sebeple biyomalzeme kullanımında HA seramikler revaçtadır.

Hidroksiapatit (HA), sentetik ve doğal kaynaklı olmak üzere iki yoldan elde edilir. Sentetik hidroksiapatit biyomalzemeler oldukça güvenilirdir, fakat üretimi karışık ve pahalıdır. Doğal olarak üretilen biyolojik apatitlerin ise üretimi daha kolay ve ekonomiktir. Hidroksiapatitin biyouyumlu ve biyoaktif bir malzeme olmasına karşın, zayıf mekanik özellikler göstermesi implant malzemesi olarak kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, biyouyumluluktan ödün vermeden mukavemet ve tokluğu arttıran HA bazlı kompozitlerin üretim ihtiyacı gündeme gelmiştir. Koyun kemiği, sığır kemiği, mercan, yumurta kabuğu gibi doğal maddelerden üretilen hidroksiapatit, sentetik hidroksiapatitlere göre farklılık gösterirler. Doğal hidroksiapatitler yapılarında karbonat, sitrat gruplarına ve genellikle kimyasal yapılarında az da olsa magnezyum, potasyum, stronsiyum ve sodyum içerirler [5]. Doğal hidroksiapatit de kalsiyumun fosfora oranı genel itibarı ile sentetik hidroksiapatitten daha fazladır. Bu gibi özelliklerden dolayı tıbbi uygulamalarda doğal hidroksiapatit kullanımı daha uygundur [6].

Günümüzde HA bazlı biyokompozitler HA-alümina, HA-zirkonya, HA-biyocam ve HA_w (visker) kompozitler vb. oluşmaktadır. Hidroksiapatite, TiO₂, ZrO₂ gibi biyoinert takviye elemanları ilave edilerek kompozit oluşturmak en yaygın olarak kullanılan tekniklerdendir [7]. Çalışmalarda SiO₂, Al₂O₃, MgO gibi bileşenlerin ilavesi ile mikro-sertliğin artırıldığı ve mekanik özelliklerin iyileştirildiği gözlenmiştir [8].

Yapılan çalışmalarında, başta sert dokular (kemik) olmak üzere, zarara uğramış dokuların tedavisi ve yeniden oluşumu için biyoaktif camların önemli bir yeri olduğu gözlenmiştir. Diğer biyoaktif seramikler veya cam seramikler ile kıyaslandığında, biyoaktif cam kimyasal bileşimleri ile dokuya bağlanma hızı olarak diğerlerinden daha etkindir [9]. Ayrıca biyoaktif camların içinde

yer alan SiO_2 , Na_2O , CaO ile P_2O_5 bileşimler sayesinde biyouyumluluk özellikleri fazladır. Çünkü biyoaktif cam, ağırlıkça %60 ‘a yakın SiO_2 ile Na_2O , CaO ile P_2O_5 içerir ve bu bileşimler vücut sıvıları gibi sulu ortamlarda yüzeyi oldukça aktif hale getirir. Bunun yanı sıra biyoaktif camların bileşiminde yer alabilen MgO ile Al_2O_3 , kullanılan biyomalzemeye bağlı olarak sert yapıya sahip olmayan vücut dokuları ile bağ oluşturabilmektedir [10-13]. Genleştirilmiş perlit kimyasal bileşeninde % 60-75 arası SiO_2 , % 10-15 arası Al_2O_3 ve farklı oranlarda K_2O , MgO , CaO ve Fe_2O_3 gibi bileşenler içerir. Genleştirilmiş perlit bu açıdan bakıldığında ticari inert cam, biyoseramik cam ve özellikle biyoaktif cam ile çok fazla benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmada, koyun kemiğinden doğal hidroksiapatit elde edilmiştir. Sentetik hidroksiapatit ve koyun hidroksiapatitine, 50, 75 ve 100 mikron tane boyutunda ve ağırlıkça % 5, 10 oranlarında genleştirilmiş perlit, biyouyumluluğu ve mekanik özellikleri arttırmak amacıyla % 5 P_2O_5 ve MgO ilavesi sabit tutulmuştur. Buna ilaveten mekanik özelliklere etkisini irdelemek için ağırlıkça % 1, 5, 10 oranlarında ZrO_2 ilave edilmiştir. Elde edilen matrislerin karşılaştırılması ve karakterizasyon özelliklerinin tayini için yoğunluk, mikro-sertlik, SEM ve EDX analizleri yapılmıştır.

2. DENEYSEL YÖNTEM

2.1. Koyun Kemiğinden HA Üretimi

Bu çalışmada kullanılan koyun kemikleri Fırat üniversitesi Veterinerlik Fakültesinden temin edilmiştir. Koyun kemikleri basınçlı tencerede 2 saat kaynatılarak sinir, ilik gibi istenmeyen yapılar kemikten uzaklaştırılmıştır. Bu işlemden sonra % 5 NaOH çözeltisi kullanılarak 30 dakika kaynatma yapılmıştır. Bu işlem 4 defa, her seferinde % 5 NaOH ilavesi yapılarak tekrarlanmıştır. Elde edilen koyun kemikleri $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ‘de 2 saat süre ile ön kalsine işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra 4 saat süre ile $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ‘de sinterlenerek, koyun kemiklerinin apatit yapıya dönüşmesi sağlanmıştır. Apatit yapıya dönüşen koyun kemikleri, zirkonya bilyeler ile değirmende 24 saat boyunca öğütme işlemine tabi tutularak, koyun kemik tozlarından doğal apatit yapı elde edilmiştir.

2.2. Kompozit Numunelerin Hazırlanması ve Preslenmesi

Koyun hidroksiapatit (KHA) ve sentetik hidroksiapatit (CSHA) matris olarak kullanılmıştır. Matrislere 50, 75 ve 100 mikron olmak üzere üç farklı tane boyutuna sahip genleştirilmiş perlit

ağırlıkça % 5 ve % 10 oranında eklenmiştir. Genleştirilmiş perlitin farklı boyutlarda eklenmesinin sebebi tane boyutunun etkisini kıyaslamaktır. Ayrıca vücut uyumluluğunu arttırmak için her numuneye % 5 MgO ve % 5 P₂O₅ ilave edilmiştir. Bu numunelere % 1, 5, 10 oranlarında ZrO₂ eklenerek, ZrO₂ “in mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Hazırlanan biyoseramik kompozitlerin takviye oranları ve kodları Tablo 1. “de gösterilmiştir. Hazırlanan kompozitler karıştırıcıda 30 dakika karıştırıldıktan sonra çinko sterat ile yağlanmış kalıplara dökülüp, 25 MPa presleme basıncı ile hidrolik preste preslenmiştir. Her numune peletleme işleminde çinko sterat ile kalıplar yağlanmıştır. Hidrolik preste basınç altında yaklaşık 5 dakika bekletilerek peletler elde edilmiştir. Elde edilen peletler 900 °C “de 1 saat sinterlenmiştir.

Tablo 1. Hazırlanan kompozitlerin takviye oranları ve kodları.

Genleştirilmiş Perlit (A)		Genleştirilmiş Perlit (B)		Genleştirilmiş Perlit (C)	
50 mikron		75 mikron		100 mikron	
A1	KKT /CSHA+ %5 Perlit	B1	KKT /CSHA+ %5 Perlit	C1	KKT /CSHA + %5 Perlit
A2	KKT /CSHA + %5 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %1 ZrO ₂	B2	KKT /CSHA+ %5 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %1 ZrO ₂	C2	KKT /CSHA+ %5 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %1 ZrO ₂
A3	KKT /CSHA+ %5 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %5 ZrO ₂	B3	KKT /CSHA + %5 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %5 ZrO ₂	C3	KKT /CSHA + %5 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %5 ZrO ₂
A4	KKT /CSHA+ %5 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %10 ZrO ₂	B4	KKT /CSHA+ %5 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %10 ZrO ₂	C4	KKT /CSHA + %5 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %10 ZrO ₂
A5	KKT /CSHA+ %10 Perlit	B5	KKT /CSHA + %10 Perlit	C5	KKT /CSHA + %10 Perlit
A6	KKT /CSHA+ %10 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %1 ZrO ₂	B6	KKT /CSHA+ %10 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %1 ZrO ₂	C6	KKT /CSHA + %10 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %1 ZrO ₂
A7	KKT /CSHA + %10 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %5 ZrO ₂	B7	KKT /CSHA+ %10 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %5 ZrO ₂	C7	KKT /CSHA + %10 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %5 ZrO ₂
A8	KKT /CSHA+ %10 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %10 ZrO ₂	B8	KKT /CSHA+ %10 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %10 ZrO ₂	C8	KKT /CSHA+ %10 Perlit + %5 P ₂ O ₅ + %5 MgO + %10 ZrO ₂

2.3. Numunelerin Yoğunluk Hesabı, Mikro-Sertlik, SEM ve EDX analizleri

Yoğunluk hesabı sinterlenme sonrası ölçülen değerlere göre hesaplanmıştır. Numunelerin kumpas yardımıyla boy ve çap ölçümü yapılmıştır. Aşağıda gösterilen Denklem 1. ve Denklem 2. “den yararlanılarak yoğunluk değerleri hesaplanmıştır.

$$V = \left(\pi \cdot \frac{D^2}{4} \right) \cdot h$$

$$(1)$$
$$d = w/V$$
$$(2)$$

V: Numunenin Hacmi, D: Numunenin Çapı, h: Numunenin Boyu, w: Sinterleme Sonrası Ağırlık, d: Yoğunluk verilerine göre hesaplanmıştır.

Numunelerin yoğunlukları hesaplandıktan sonra, numunelerin mikro-sertlikleri, Vickers mikro-sertlik TRONIC test cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Numunelerin rahatlıkla görüntüsü alınabilmesi için 600-800-1000-1200 “lük zımparalarla yüzey pürüzlülüğü minimuma indirilmeye çalışılmıştır. Numunelerin mikro-sertlikleri belirlenirken, numunenin kenar bölgelerine 0,98 N “luk yük 15 saniye boyunca uygulanmış ve bunun sonucunda yüzeyde oluşan iz üzerinden mikro-sertlik değerleri belirlenmiştir.

Numunelerin yüzeyleri DENTON VACUUM-DESK V kullanılarak altın ile kaplanmıştır. Daha sonra numunelerin içyapıları ZEISS marka EVA/ MA10 model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenmiş ve her numunenin EDX analizleri alınmıştır

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deneyde kullanılan genleştirilmiş perlit, MgO, ZrO₂, Nanografi Nano Teknoloji Bilişim İmalat ve Danışmanlık Ltd. şirketinden (Ankara) temin edilmiştir. P₂O₅ ise Fırat Üniversitesi Kimya Mühendisliğinden temin edilmiştir.

Bu çalışmada, takviye elemanı olarak kullanılan genleştirilmiş perlitin tane boyutunun etkisini gözlemleyebilmek için 50, 75 ve 100 mikronda genleştirilmiş perlit kullanılmıştır. Ayrıca ağırlıkça % 5, 10 oranlarında genleştirilmiş perlit ilave edilerek biyoseramik kompozit olarak kullanılabilirliği irdelenmeye çalışılmıştır. Genleştirilmiş perlitin yanı sıra ağırlıkça % 5 oranında MgO ve P₂O₅ ilavesi her numunede sabit tutulmuştur. Mekanik özelliklere etkisinin gözlenebilmesi için ana takviye olarak ağırlıkça % 1, 5, 10 oranlarında ZrO₂ ilave edilerek biyoseramik kompozitler hazırlanmıştır.

Koyun kemiğinden sentezlenmiş hidroksiapatit ve sentetik hidroksiapatite ağırlıkça % 5 oranında genleştirilmiş perlit (GP), MgO ve P₂O₅ ile ağırlıkça % 1, 5, 10 oranlarında ZrO₂ ilave edilerek hazırlanan kompozitlere ait mikro-sertlik grafiği Şekil 1-3. “de ve aynı kompozitlere ait yoğunluk değerlerinden elde edilen grafik Şekil 2-4. “de gösterilmiştir.

Şekil 1. % 1, 5, 10 ZrO₂ , % 5 MgO-P₂O₅ ve GP takviyeli koyun kemiği matrisli kompozitlerin mikro-sertlik grafiği.

Şekil 2. %1, 5, 10 ZrO₂ , %5 MgO-P₂O₅ ve GP takviyeli koyun kemiği matrisli kompozitlerin yoğunluk grafiği.

Şekil 1. “de görüldüğü gibi kompozitlere ağırlıkça % 1, 5, 10 oranın da ki ZrO₂ “in ilavesinin arttırılması ile mikro-sertlik değerlerinde artış gerçekleşmiştir. Ayrıca ağırlıkça % 5 oranında ilave edilen genişletilmiş perlitin tane boyutu 50, 75, 100 mikron olarak arttırıldığında mikro-sertlik de artış gerçekleştiği gözlenmiştir.

Şekil 2. “de görüldüğü gibi kompozitlere ilave edilen ZrO₂ “in ağırlıkça oranının arttırılması ile yoğunluk değerlerinin azalma eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. Çalışmalarda kullanılan genişletilmiş perlitin yoğunluk değeri 2,2-2,4 gr/cm³ aralığındadır. Bu değer koyun kemiğine nazaran daha düşük olduğu için yoğunluk değerlerini etkilediği düşünülmektedir.

Koyun kemiğinden sentezlenmiş hidroksiapatite, ağırlıkça % 10 oranında genişletilmiş perlit (GP), ağırlıkça % 5 MgO ve P₂O₅ ile ağırlıkça % 1, 5, 10 oranlarında ZrO₂ ilave edilerek hazırlanan kompozitlere ait mikro-sertlik grafiği Şekil 3. “de gösterilmiştir. Ayrıca aynı kompozitlere ait yoğunluk değerlerinden elde edilen grafik Şekil 4. “de gösterilmiştir.

Şekil 3. %1, 5, 10 ZrO₂ , %5 MgO-P₂O₅ ve %10 GP takviyeli, koyun kemiği matrisli kompozitlerin mikro-sertlik grafiği.

Şekil 4. % 1, 5, 10 ZrO₂ , % 5 MgO-P₂O₅ ve % 10 GP takviyeli, koyun kemiği matrisli kompozitlerin yoğunluk grafiği.

Şekil 3. “de görüldüğü gibi ZrO₂ ilavesinin artması ile mikro-sertliğin de arttığı görülmektedir. Buna ilaveten genişleştirilmiş perlitin tane boyutunun büyümesi ile mikro-sertlik de artış kaydedilmiştir. Yoğunluk değerlerinde ise % 5 GP ilavesine kıyasla daha az azalma gerçekleşmiştir. 75 ve 100 mikron tane boyutuna sahip genişleştirilmiş perlitli numunelerde yoğunluk değerinde hemen hemen azalma gerçekleşmemiştir.

Şekil 5. % 1, 5, 10 ZrO₂ , % 5 MgO-P₂O₅ ve GP takviyeli sentetik hidroksiapatit matrisli kompozitlerin mikro-sertlik grafiği

Şekil 5’de görüldüğü üzere ZrO₂’nin ağırlıkça yüzdesi arttıkça mikro-sertlik değerleri de artış göstermiştir. Ayrıca kullanılan perlitin de tane boyutu arttıkça mikro-sertliğin arttığı gözlemlenmiştir.

Şekil 6. %1, 5, 10 ZrO₂ , %5 MgO-P₂O₅ ve GP takviyeli sentetik hidroksiapatit matrisli kompozitlerin yoğunluk grafiği

Şekil 6’da görüldüğü üzere ZrO_2 ’nin ağırlıkça yüzdesi arttığında yoğunluk değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin ise kullanılan hidroksiapatitin yoğunluğunun, perlitin yoğunluğundan daha düşük olduğu düşünülmektedir.

Hidroksiapatite, ağırlıkça % 10 oranında genişletilmiş perlit (GP), MgO ve P_2O_5 ile ağırlıkça % 1, 5, 10 oranlarındsa ZrO_2 ilave edilerek hazırlanan kompozitlere ait mikro-sertlik grafiği Şekil7. “de gösterilmiştir. Ayrıca aynı kompozitlere ait yoğunluk değerlerinden elde edilen grafik Şekil 8. “de gösterilmiştir.

Şekil 7. %1, 5, 10 ZrO_2 , %5 MgO- P_2O_5 ve %10 GP takviyeli sentetik hidroksiapatit matrisli kompozitlerin mikro-sertlik grafiği.

Şekil8. % 1, 5, 10 ZrO₂ , % 5 MgO-P₂O₅ ve % 10 GP takviyeli sentetik hidroksiapatit matrisli kompozitlerin yoğunluk grafiği.

Şekil 9: 50 Mikron Perlitin Ağırlıkça Yüzdesinin CSHA ve KKT Matrisli Numunelerdeki Mikro-Sertliğe Etkisi

Şekil 9’ da ağırlıkça %5 ve 50 mikron tane boyutundaki genişletilmiş perlit takviyeli A1 numunesinde mikro-sertlik değeri CHSA matrislide 195,1 HV iken KKT matrislide 241,7 HV olmuştur. Yani mikro-sertlik KKT matrislide daha fazladır. Bunun nedeni ise koyun kemik tozu, sentetik hidroksiapatite göre daha viskoz olduğu için karışma daha homojen gerçekleşmiştir. Ana takviye elemanı olan ZrO_2 ’un ağırlıkça yüzdesi artığında sertlik doğru orantılı artmıştır. Ayrıca doğal olarak üretilen hidroksiapatitlerin bazı farklı bileşenlere sahip olmasından dolayı, sentetik hidroksiapatitden daha iyi sonuçlar verdiği diğer çalışmalarda gözlemlenmiştir. Perlit oranı ağırlıkça %10 olduğunda ise CHSA matrislide mikro-sertlik 201,4 HV ve KKT matrisli numunede ise 261 HV ölçülmüştür. Bu değerler birbirleri ile kıyaslandığında perlitin ağırlıkça yüzdesi arttığında doğrusal olarak mikro-sertlikte artmıştır. Her iki matris kıyaslandığında ise KKT matrisli numunelerin mikro-sertliğinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 10: 75 Mikron Perlitin Ağırlıkça Yüzdesinin CHSA ve KKT Matrisli Numunelerdeki Mikro-Sertliğe Etkisi

Şekil 10’ da ağırlıkça %5 ve 75 mikron tane boyutundaki genişletilmiş perlit takviyeli B1 numunesinde mikro-sertlik değeri CHSA matrislide 217,2 HV iken KKT matrislide 242,6 HV olmuştur. Yani mikro-sertlik KKT matrislide daha fazladır. Bunun nedeni ise koyun kemik tozu, sentetik hidroksiapatite göre daha viskoz olduğu için karışma daha homojen gerçekleşmiştir. Ana takviye elemanı olan ZrO_2 ’un ağırlıkça yüzdesi artığında sertlik doğru orantılı artmıştır. Perlit oranı ağırlıkça %10 olduğunda ise CHSA matrislide mikro-sertlik 222,1 HV ve KKT 265,9 HV

ölçülmüştür. Bu değerler birbirleri ile kıyaslandığında perlitin ağırlıkça yüzdesi arttığında doğrusal olarak mikro-sertlikte artmıştır. Her iki matris kıyaslandığında ise KKT matrisli numunlerin mikro-sertliğinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

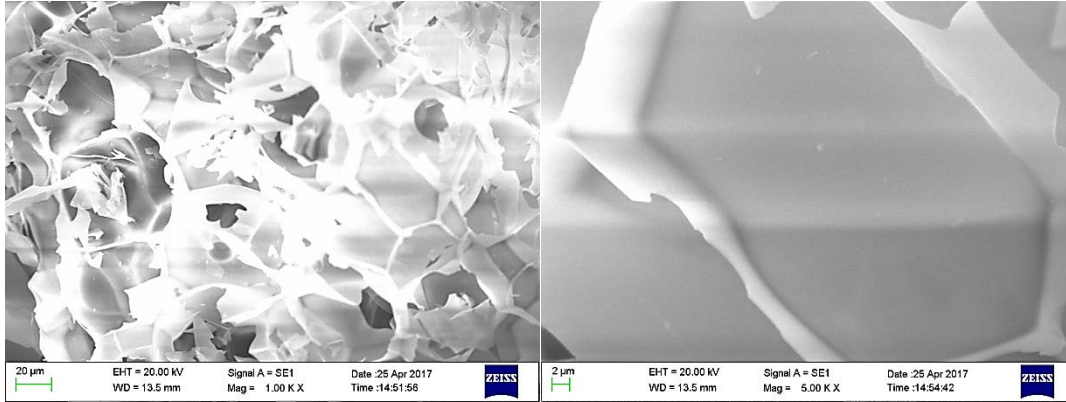
Şekil 11: 100 Mikron Perlitin Ağırlıkça Yüzdesinin CSHA ve KKT Matrisli Numunelerdeki Mikro-Sertliğe Etkisi

Şekil 11’ da ağırlıkça %5 ve 100 mikron tane boyutundaki genişleştirilmiş perlit takviyeli C1 numunesinde mikro-sertlik değeri CHSA matrislide 242,9 HV iken KKT matrislide 263,5 HV olmuştur. Yani mikro-sertlik KKT matrislide daha fazladır. Bunun nedeni ise koyun kemik tozu, sentetik hidroksiapatite göre daha viskoz olduğu için karışma daha homojen gerçekleşmiştir. Ana takviye elemanı olan ZrO_2 ’un ağırlıkça yüzdesi arttığında sertlik doğru orantılı artmıştır. Perlit oranı ağırlıkça %10 olduğunda ise CHSA matrislide mikro-sertlik 258,3 HV ve KKT 289,4 HV ölçülmüştür. Bu değerler birbirleri ile kıyaslandığında perlitin ağırlıkça yüzdesi arttığında doğrusal olarak mikro-sertlikte artmıştır. Her iki matris kıyaslandığında ise KKT matrisli numunlerin mikro-sertliğinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Genleştirilmiş perlit, ticari inert cam ve yaygın kullanılan bazı biyoaktif camların kimyasal bileşenleri.

Kod	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O (%)	CaF ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	B ₂ O ₃ (%)
GP	74,5	14,33	4,45	0,28	0,5	0,97	eser miktar	eser miktar	eser miktar	eser miktar
Ticari inert cam	68,8	2,15	-	1,77	9,25	0,084	17,2	-	-	-
45SF.4F	46,1	-	-	-	16,2	-	24,4	10,8	2,6	-
42SF	42,1	-	-	-	17,4	-	26,3	11,6	2,6	-
49SF	46,1	-	-	-	16,1	-	24,4	10,7	2,6	-
46SF	49,1	-	-	-	15,1	-	23,0	10,1	2,6	-
52SF	52,1	-	-	-	14,2	-	21,5	9,5	2,6	-
55SF	55,1	-	-	-	13,3	-	20,1	8,8	2,6	-
60SF	60,1	-	-	-	11,7	-	17,7	7,8	4	-

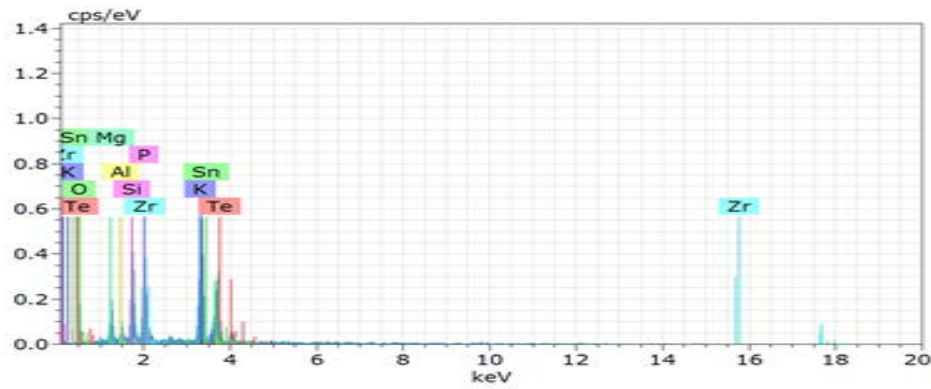
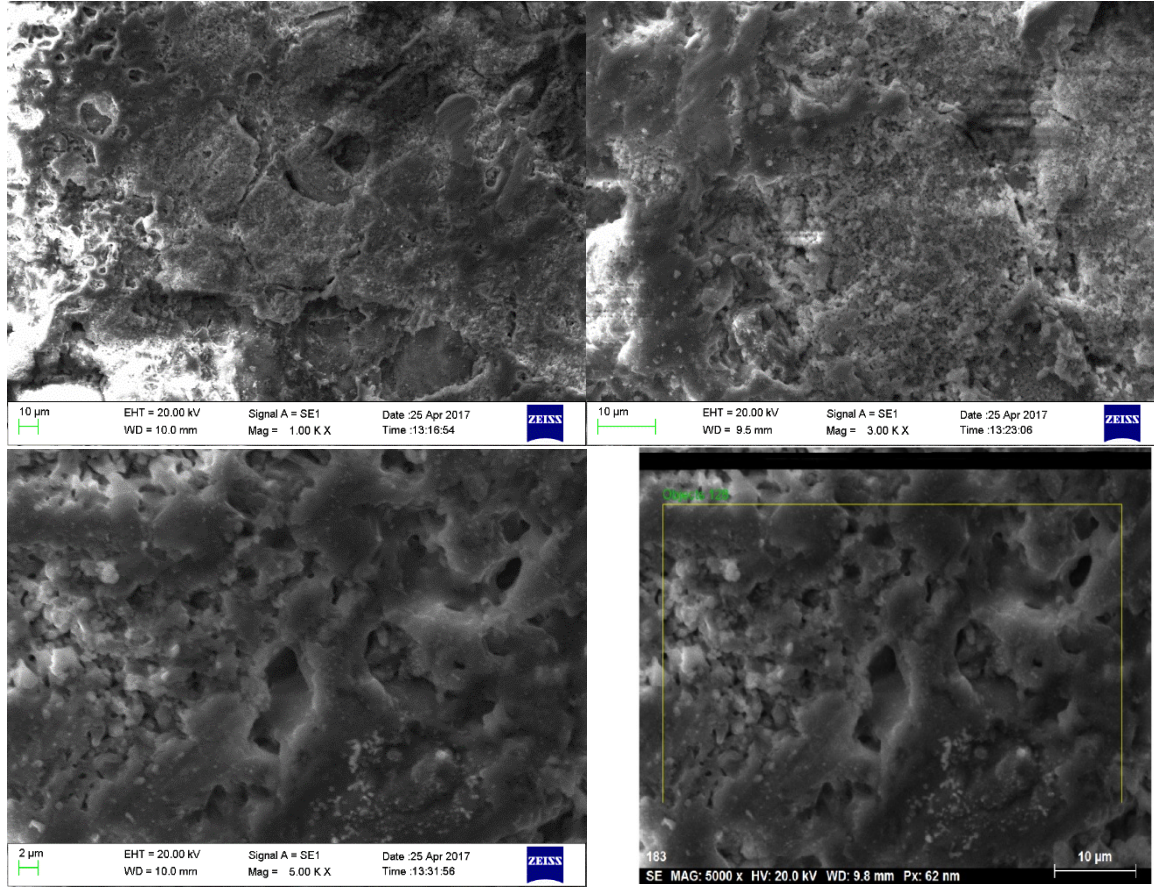
Yapılan çalışmada kullanılan genleştirilmiş perlite ait SEM görüntüleri Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 12. Biyoseramik kompozitlere takviye olarak kullanılan GP “e ait SEM görüntüleri.

MARDİN ARTUKLU ULUSLARARASI MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR KONGRESİ
19-21 Nisan 2019 MARDİN

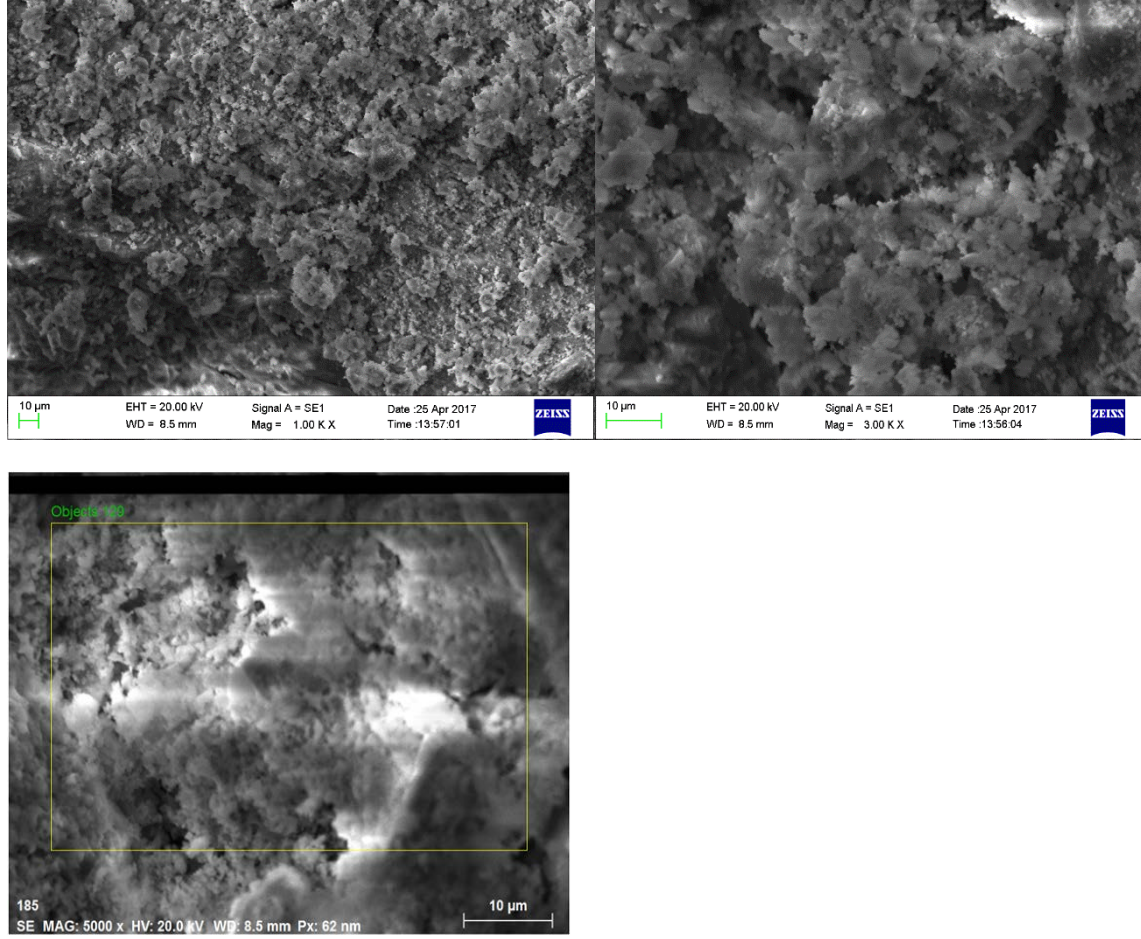
A8, AK8, C8 ve CK8 numunelerine ait görüntüler; Şekil 13-16'da gösterilmiştir.

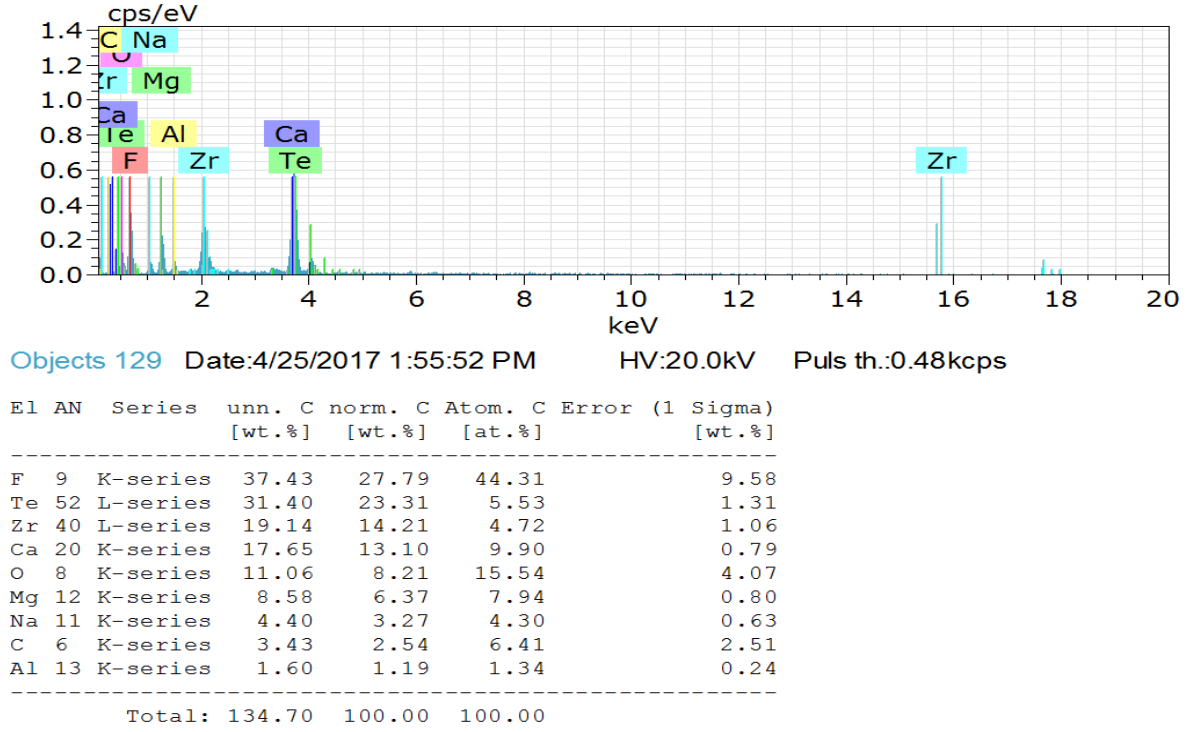


Spectrum: Objects 128

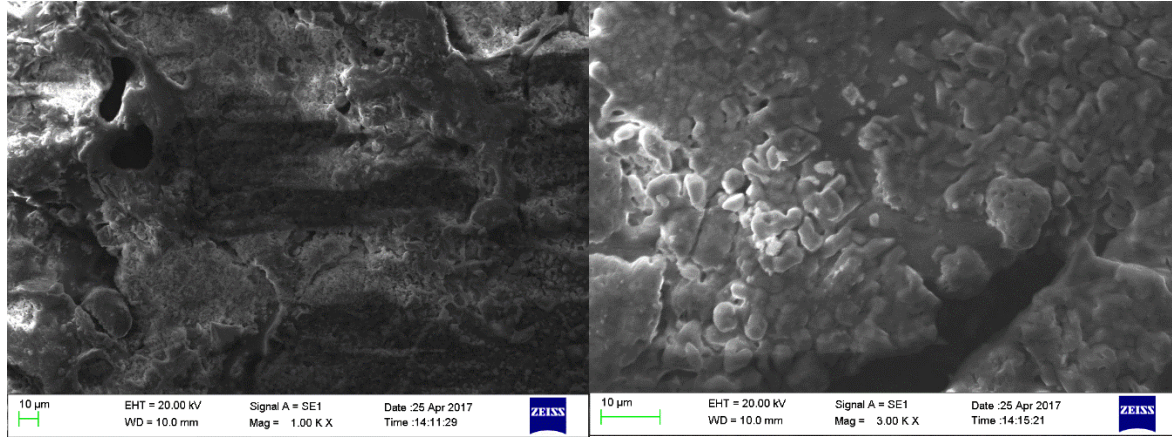
El	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error (1 Sigma)
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[wt.%]
O	8	K-series	391	28.01	20.25	46.66
Te	52	L-series	1024	25.50	18.43	5.33
Zr	40	L-series	1120	22.84	16.51	6.67
K	19	K-series	1524	20.62	14.90	14.05
Sn	50	L-series	812	17.43	12.60	3.91
Si	14	K-series	867	9.34	6.75	8.86
Mg	12	K-series	364	6.97	5.04	7.64
P	15	K-series	415	5.16	3.73	4.44
Al	13	K-series	160	2.47	1.79	2.44
Total:			138.35	100.00	100.00	

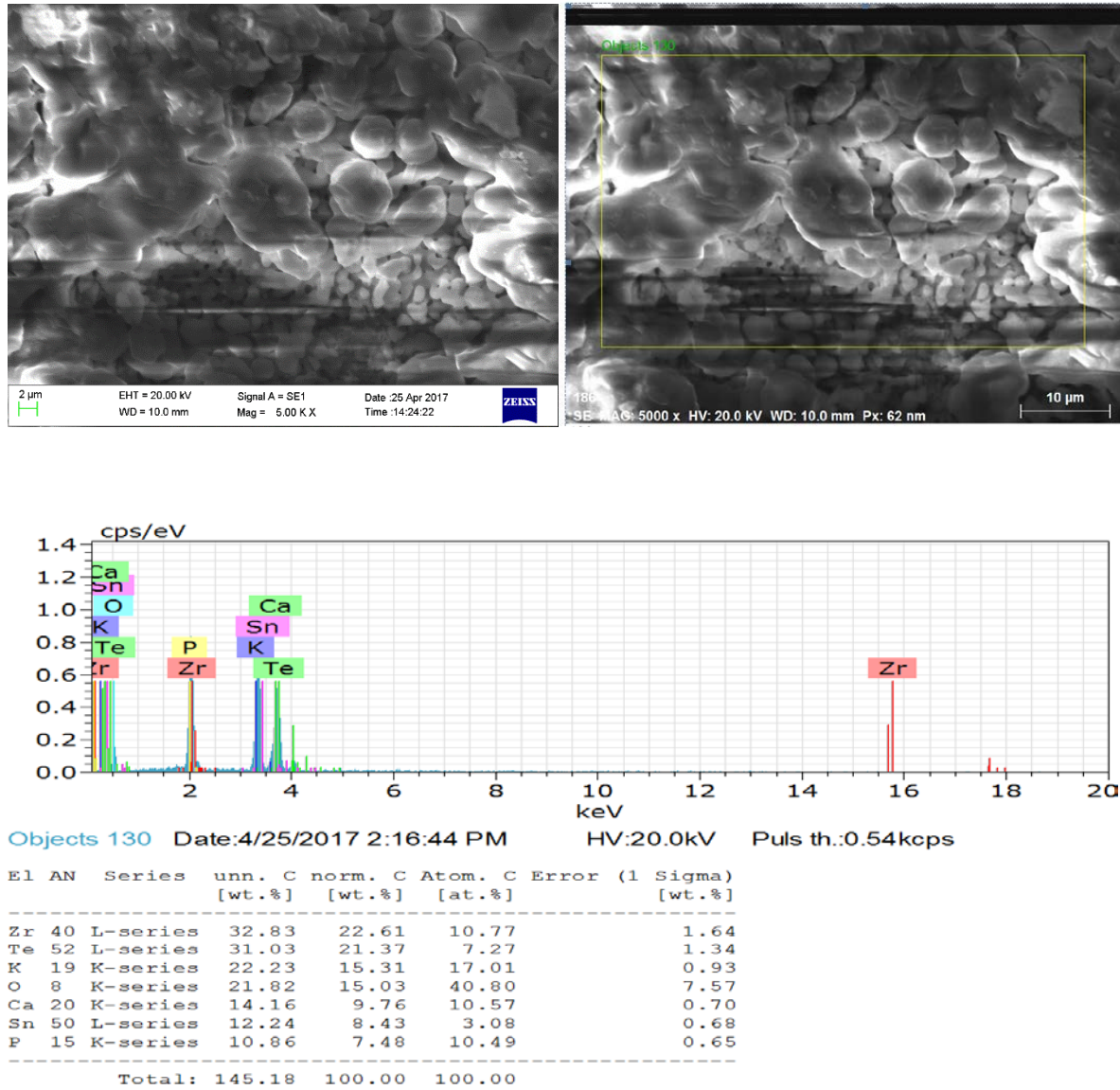
Şekil 13: A8 Numunesine ait SEM Görüntüleri ve EDX Sonuçları (CSHA Matrisli)



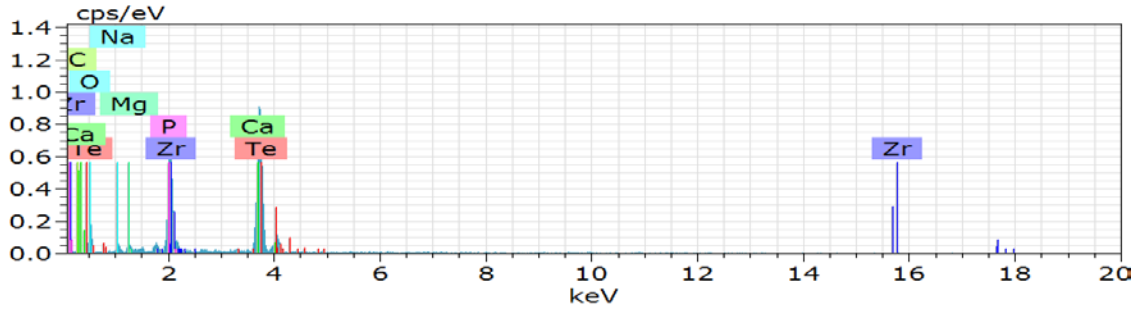
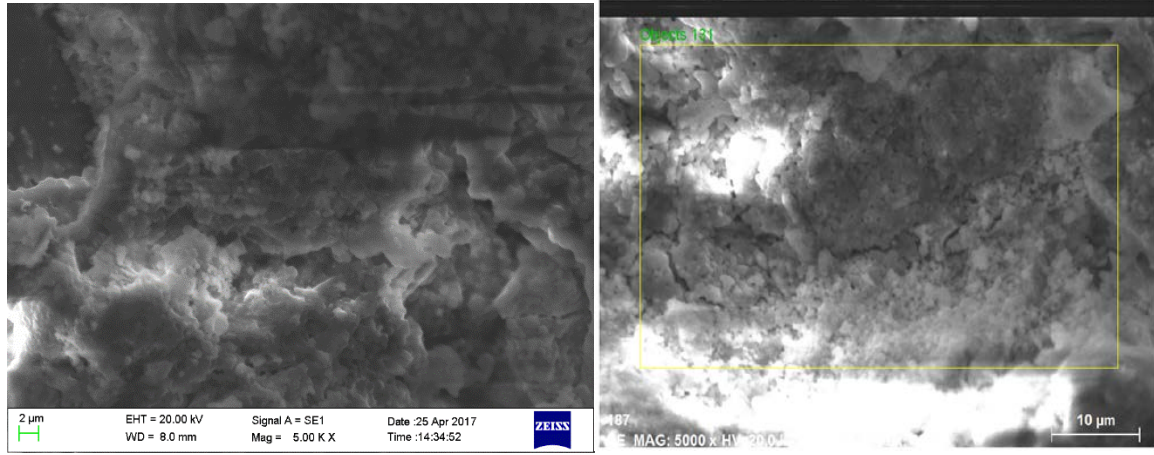
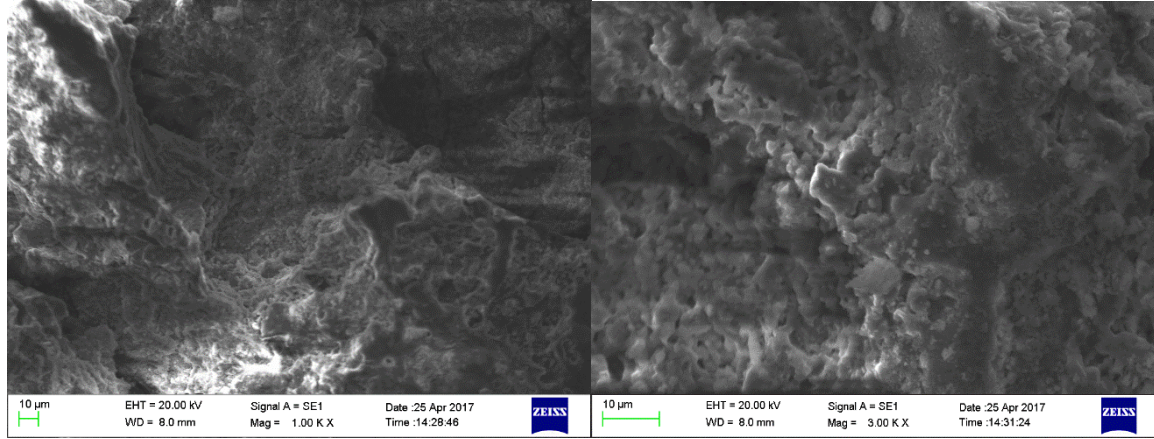


Şekil 14: AK8 Numunesine ait SEM Görüntüleri ve EDX Sonuçlar (Koyun Kemiği Matrisli)





Şekil 15: C8 Numunesine ait SEM Görüntüleri ve EDX Sonuçları (CSHA Matrisli)



Objects 131 Date:4/25/2017 2:38:03 PM HV:20.0kV Puls th.:0.50kcps

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
Te	52	L-series	65.16	38.83	13.31	2.44
Ca	20	K-series	34.76	20.71	22.61	1.40
Zr	40	L-series	29.42	17.53	8.41	1.52
O	8	K-series	23.08	13.75	37.61	7.45
P	15	K-series	8.69	5.18	7.32	0.56
C	6	K-series	3.11	1.85	6.75	2.59
Na	11	K-series	2.31	1.38	2.62	0.39
Mg	12	K-series	1.28	0.76	1.38	0.23
Total:			167.84	100.00	100.00	

Şekil 16: CK8 Numunesine ait SEM Görüntüleri ve EDX Sonuçları (Koyun Kemigi Matrisli)

Genel olarak doğal hidroksiapatit ve sentetik hidroksiapatit matrisli numuneler SEM ve EDX analizleri ile karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Sentetik hidroksiapatitli matris, koyun kemik tozu kullanılarak elde ettiğimiz doğal hidroksiapatitli matrise göre daha gözeneklidir. Her iki matrisde perlit eklenmesi gözenekliliği arttırmıştır. Ayrıca her iki matrise eklenen perlit içeriğindeki Al_2O_3 ve SiO_2 'nin yapıya sertlik kattığı gözlemlenmiştir. Doğal hidroksiapatit matrisli numunelerinde daha yoğun ve toktur. Ayrıca doğal olarak üretilen hidroksiapatitlerin bazı farklı bileşenlere sahip olmasından dolayı, sentetik hidroksiapatitden daha iyi sertlik değeri verdiği düşünülmektedir.

6. SONUÇ

- Perlitin tane boyutu arttıkça mikro-sertlik artmıştır. Perlitin içindeki Al_2O_3 ve SiO_2 'nin mekanik özellikleri iyileştirici etkisinin yanı sıra dayanım ve sertliği arttırdığı da bilinmektedir. Ayrıca her iki matris kıyaslandığında koyun kemik tozundan elde edilen numunelerde mikro-sertliğin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.
- Perlitin ağırlıkça yüzdesi arttıkça mikro-sertlik artmıştır. Matrisler kıyaslandığında ise koyun kemik tozundan elde edilen numunelerin mikro-sertliğinin daha fazla olduğu görülmüştür.
- Diğer takviye elemanı olan ZrO_2 'nin ağırlıkça yüzdesi arttığında sertlik en yüksek değere ulaşmıştır. En yüksek sertlik değeri ZrO_2 'nin ağırlıkça %10 ve perlitin ise 100 mikron ve ağırlıkça yüzdesinin %10 olduğu C8 ve CK8 numunelerinde rastlanmıştır. Her iki numune kıyaslandığında CK8 'in mikro-sertliğinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Yani mikro-sertlik değeri koyun kemik tozlu matrislide daha yüksektir.
- Her iki matrisde, takviye elemanlarının ağırlıkça yüzdesi arttığında yoğunluk değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Yani mikro-sertliğin artması, yoğunluk değerlerinde azalmalara sebep olmuştur.
- Her iki matrisin SEM ve EDX analizleri incelendiğinde sentetik hidroksiapatit matrisli numunelerin daha gözenekli olduğu, koyun kemik tozundan elde edilen doğal hidroksiapatit matrisli numunelerin daha tok bir yapıda olduğu gözlemlenmiştir.

- Üretilen biyomalzemelerin kullanım alanlarına göre hem tokluk hemde gözeneklilik aranabilir.

6.1 Öneriler

- ZrO_2 'nin etkisini gözlemlemek amacıyla sinterleme sıcaklığı artırılarak farklı fazların oluşmasına izin verilebilir. Bu hem mukavemetin artmasına hemde gözenekliliğin artması sağlanabilir. Farklı sinterleme sıcaklıkları yoğunluğu arttırıp mekanik ve fiziksel özellikleri arttırabilir. Ayrıca farklı sinterleme sıcaklıklarında ZrO_2 'nin allotropik dönüşümünden faydalanıp yeni etkiler de sağlanabilir.
- Sonuçlarımızı genişletmek amacıyla bu çalışmanın biyouyumluluk testleri yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Pasinli, A., Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Biyomalzemeler, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, (4) 25-34, 2004.
- [2] Wintermantel, E., Mayer, J., Blum, J., Eckert, K, L., Luscher, P, and Mathey, M., Tissue engineering scaffolds using superstructures, Biomaterials, 17, 83-91, 1996.
- [3] Hench, L. L., Bioceramics: From Concept to Clinic, *Journal of American Ceramic Society*, 74, 1487-1510, 1991.
- [4] Anee, T. K., Ashok, M., Palanichamy, M., Narayana Kalkura, S., A novel technique to synthesize hydroxyapatite at low temperature, Materials Chemistry and Physics, 80, 725–730, 2003.
- [5] Gutowska, I., Machoy, Z., Machalinski, B., The role of bivalent metals in hydroxyapatite structures as revealed by molecular modeling with the Hyper-Chem software, J, Biomed, Mater, Res, Part A 75, (4), 788-793, 2005.
- [6] Sakka, S., Ayed, F.B., Bouaziz, J., Mechanical Properties of Biomaterials Based on Calcium Phosphates and Bioinert Oxides for Applications in Biomedicine, INTECH Open Access Publisher, 2013.

- [7] Silva, V, V., Lamerias, F, S., Domingues, R, Z., Microstructural and mechanical study of zirconia–hydroxyapatite (ZH) composite ceramics for biomedical applications, *Composites Science and Technology*, 61, 301–310, 2001.
- [8] Oktar, F, N., Agathopoulos, S., Özyeğin, L, S., Gündüz, O., Demirkol, N., Bozkurt, Y., Salman, S., Mechanical Properties of Bovine Hydroxyapatite (BHA) Composites Doped with SiO₂, MgO, Al₂O₃ and ZrO₂, *J Mater Sci: Mater Med*, 18, 2137-2143, 2007.
- [9] LiU, J., Miao, X., *Ceramics International*, 30, 1781-1785, 2004.
- [10] Regi, M, V., *Ceramics for Medical Applications*, J, Chem, Soc., Dalton Trans, 97-108, 2001.
- [11] Larry, L., Wilson, H, J., *An Introduction to Bioceramics*, World Scientific Publishing Co., 1-25, 139-189, 1993.
- [12] Sinha, A., Ingle, A., Munim, K, R., Vaidya, S, N., Sharma, B, O., Bhisey, A, N., Development of Calcium Phosphate Based Bioceramics, *Bull, Mater, Sci, Indian Academy of Sciences*, 24, 653- 657, 2001.
- [13] Jones, J, R., *A Review of Bioavtive Glass-from Hench to Hybrids*, 9, 4457-4486, 2013.
- [14] Genç, Y., Oktar, F, N., Erkmen, E, Z., Göller, G., Toykan, D., and Haybat, H., Sintering Effect on Mechanical Properties of Enamel Derived and Synthetic Hydroxyapatite-Zirconia Composites, *Key Engineering Materials*, 264-268, 1961-1964, 2004.
- [15] Göller, G., Oktar, F.N., Demirkıran, H., Demirkesen, E., Sintering Effects on Mechanical Properties of Bioglass Reinforced Hydroxyapatite Composites, *Key Engineering Materials*, 240-242, 939-942, 2003.
- [16] Gündüz, O., Ahmaz, Z., Ekren, N., Agathopoulos, S., Salman, S., Oktar, F.N., Reinforcing of Biologically Derived Apatite with Commercial Inert Glass, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 22, 407-419, 2009.
- [17] Demirkol, N., Oktar, F.N., Kayali, E, S., Influence of Commercial Inert Glass Addition on the Mechanical Properties of Commercial Synthetic Hydroxyapatite, *Acta Physica Polonica A*, 123, 427-429, 2013.
- [18] Salman, S., Oktar, F.N., Gündüz, O., Agathopoulos, S., Öveçoğlu, M.L., Kayalı, E, S., Sintering Effect on Mechanical Properties of Composites Made of Bovine Hydroxyapatite (BHA) and Commercial Inert Glass (CIG), *Key Engineering Materials*, 330-332, 189-192, 2007.
- [19] Liu, X, M.. Yan, Z.F, Phase Transformation of Nanosized Zirconia. *Journal of Structural*

Chemistry, 25, 424–432, 2006.

[20] Heilmann, R., B., Materials Science of Crystalline Bioceramics: A Review of Basic Properties and Applications. Chiang Mai University Journal, 1, 23-46, 2002.

[21] De Aza, P. N., De Aza A. H., De Aza, S., Crystalline Bioceramic Materials. Bol. Soc. Esp. Ceram. V., 44, 135-145, 2005.

[22] Liu, D.M., Fabrication of Hydroxiapatite Ceramic with Controlled Porosity, Journal of Material Science, Material in Medicine, Vol 10, pages 227-232, 1997.

[23] Gauthier, O., Bouler, J.M., Aguado, E., Pilet, P., and Daculsi, G., Macroporous biphasic calcium phosphate ceramics: influence of macropore diameter and macroporosity percentage on bone ingrowth. Biomaterials, Vol.19, Issues 1-3, Pages 133-139, 1998.

[24] Klawitter, J.J., and Hulbert, S.F., Application of Porous Ceramics for the Attachment of Load Bearing Orthopaedic Applications, J.Biomed. Mater.Res. Symp.2, pages 161-229, 1971.

[25] Ma, J., Wong, H., Kong, L.B., and Peng, K.W., Biomimetic Processing of Nanocrystallite Bioactive Apatite Coating on Titanium. Nanotechnology, 14, 619-623, 2003.

Toz Metalürjisi Yöntemi ile Farklı Takviyeler Kullanarak Hibrit Alüminyum Köpük Üretimi

Mehtap MURATOĞLU

Büşra ÖNCE

Tuğçe ÖZCAN

Selin BAYDEMİR

Fırat Üniversitesi,

Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, TÜRKİYE-Elazığ

ÖZET

Çalışmamızda toz metalürjisi yöntemi kullanılarak farklı oranlarda farklı takviyelerle Al kompozit köpük üretimi yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla; matris olarak Al, takviye olarak genleştirilmiş perlit (%3 oranında, 1-3-5 mm boyutlarında) , Al_2O_3 ve SiC (%1-%3 -%5 oranlarında) kullanılmıştır. Köpürtücü ajan olarak ise %1 TiH_2 kullanılarak metalik köpük üretilmiştir. Bu çalışmada esas olarak perlit ilavesi ile takviye elemanlarının köpürtme karakteristiği ve mikro gözenekliliğe etkisi araştırılmak istenmiştir. Alüminyum tozlar, takviye elemanı ve köpürtücü madde tozları ile 20 dakika süreyle mekanik olarak karıştırılmış ve daha sonra 30 bar presleme kapasitesine hidrolik basınç altında soğuk preslendi. Numuneler $900^{\circ}C$ 'de 30 dakika köpürme işlemine tabii tutuldu ve $550^{\circ}C$ 'de 3 saat sinterlenmiştir. En iyi köpürtme kriterlerini belirlemek için birçok şart denenmiştir. Numunelere köpürtme işlemi için fırın içerisinde açık olarak ve fırın içerisinde kapalı kalıp ortamında köpürtme işlemi uygulanmış ve kapalı ortamda yapılan deneylerde daha iyi köpürtme elde edilmiştir. Elde edilen numunelerin karakterizasyonunu belirlemek için yoğunluk, SEM ve EDX analizleri yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Metal Köpük, Genleştirilmiş Perlit, Alüminyum, TiH_2

1.GİRİŞ

Köpük metaller, köpük görünümlü, %75 ile %90 arası gözenekli yapıya sahip özel yöntemler ile metal malzemeden imal edilmiş endüstriyel ürünlerdir. Diğer metal malzemelere göre çok daha hafif olmasına karşın hafiflik/mukavemet oranının yüksek olması, darbe ve sarsıntıları absorbe edebilmesi, düşük yoğunlukları, yüksek kesme ve kırılma mukavemetleri, ısı ve ses izolasyonu sağlaması ve kimyasal süzeme gibi özelliklere sahip olması sebebiyle önem kazanmış ve hakkında yapılan araştırmalar artırılarak pratikte kullanılabilir hale getirilmeye çalışılmaktadır [1][2].

Metalik köpük malzemeler arasında Al esaslı metalik köpükler, kapalı hücre yapıları ve hafiflikleri ile göze çarpmaktadır [3]. Alüminyumun bulunabilirliği, elde edilmesi, üretimi ve hafifliği nedeniyle bir ileri teknoloji malzemesi olduğu Bostan tarafından belirtilmiştir [4]. Al köpükler, darbe enerjisini plastik enerjiye dönüştürebilir ve birçok metalden daha fazla enerji sönümleyebilir [5]. Metalik köpüklerin gözenek yapılarına bağlı olarak kullanım alanları değişmektedir. Metalik köpükler 'açık gözenekli' ve 'kapalı gözenekli' olmak üzere ikiye ayrılır. Gözenekler birbiriyle bağlantılı bir halde bulunuyorsa bu yapıya 'açık gözenekli metalik köpük' adı verilmektedir. 'Kapalı gözenekli metalik köpükler' de ise hücrelerin her birinin içerisinde gaz hapsedilmiş ve birbirinden yalıtılmış bir halde bulunmaktadır [6].

Toz Metalürjisi (TM) yöntemi, metal köpüklerin üretimi için en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir ve bu alanda yoğun çalışmalar yapılmaktadır [7]. Bu yöntemle, bilinen basit içi boş kalıp veya profil içerisinde köpürtme yapılabilmektedir [8]. Bunlara ilave olarak köpük malzemenin mekanik özelliklerini artırmak amacıyla parçacık takviyeli köpük üretimi de yapılmaktadır. TM yönteminde metal tozları, köpürtücü madde (genellikle TiH_2) ile karıştırılır ve preslenir. Köpürtme işlemi esnasında sıcaklığın artmasıyla yapı içerisindeki köpürtücü madde ayrışır ve gaz çıkışına neden olur. Ayrışma TiH_2 'de yaklaşık $400^{\circ}C$ civarında görülür. Bu sıcaklık alüminyumun ergime derecesinin çok altındadır [9]. Ayrışma işlemi esnasında yüksek sıcaklıktaki metalde genleşme diğer bir değişle köpürme meydana gelir [10].

Perlit terimi, magmanın asit fazında oluşan lavların soğuyup, gözle veya mikroskopla görülebilecek bir yapıda kırılmasının meydana getirdiği, kütle bünyesinde su damlacıkları bulunan, volkanik bir cam türünü ifade eder. Perlit, ısıyla genleşme özelliği olan, genişletildiğinde çok hafif ve gözenekli hale geçen bir kayadır. Perlit, perlitik doku olarak tanımlanan, ani soğuma neticesinde, büzülmelerden dolayı meydana gelmiş sferoidal ve konsantrik kırık hatlarına sahip, % 2-5 arasında su içeren riyolit bileşimli volkanik kayalara verilen isimdir [11]. Dolayısıyla bir mineral veya mineral grubu değildir. Perlit $750-1200^{\circ}C$ arasında, ani olarak ısıtıldığında genleşir ve camsı tanelerden oluşan bir köpük agregasına dönüşür. İlk hacminin 20 katı kadar genleşebilir ve genleşmiş perlit [EP] adını alır. Perlit, özel dokulu, iç yapısında belli oranda su içeren, asit bileşimli esas itibarıyla volkanik camdır. Nitrat sülfat, fosfor, ağır metal, radyoaktif element ve organik madde içermez. Özgül ağırlığı $2,2-2,4 \text{ gr/cm}^3$ tür. Isıtıldığında, türlerine göre $840^{\circ}C$ ile $1100^{\circ}C$ arasında yumuşar, $1315-1332^{\circ}C$

arasında erir. EP 870 °C' ye kadar ham perlitin ısıtılması ile elde edilir. Perlit yapısında sıvı-buhar faz geçişi sırasında içeride kalan suyun büyük hacimli değişikliği, orijinal hacmin 15-20 kez genişletilmesi ile elde edilir [12]. Düşük yoğunluk, yüksek gözeneklilik, kimyasal reaktifsizlik, yangın dayanımı ve ses emilimi sayesinde, EP; petrol, asfalt, reçine esaslı dökümlerde kullanılmaktadır [11]. Filtrasyon sistemleri, ve yapı elemanlarında da kullanılmaktadır [13], [12]. Bu çalışmada düşük maliyetli düşük yoğunluklu köpük üretmek için gözenekli genişletilmiş perlit parçacıkların kullanılmıştır. Ayrıca takviye tozlar ile mekanik özellikleri geliştirilmek amaçlanmıştır. Toz metalürjisi yöntemiyle saf alüminyum tozu içerisine takviye olarak genişletilmiş perlit (%3 oranında, 1-3-5 mm boyutlarında), Al_2O_3 ve SiC (%1-%3-%5 oranlarında) kullanılmıştır. Köpürtücü ajan olarak ise %1.5 TiH_2 kullanılarak metalik köpük üretilmiştir. ilave edilmiştir. Numunelerimizin mekanik özelliklerini tayin etmek için yoğunlukları, SEM ve EDX analizleri yapılmıştır.

2.MALZEME VE YÖNTEM

Deneyde kullanılan farklı boyutlarda genişletilmiş perlit, Alüminyum tozu, Al_2O_3 , SiC, TiH_2 Nanografi Nano Teknoloji Bilişim İmalat ve Danışmanlık LTD. şirketinden (Ankara) temin edilmiştir. Al malzemeleri %99 saflıkta ve 150 mikron boyutundadır. Köpürtücü ajan olan TiH_2 Tozu yine %99 saflıkta olup 50 mikron boyutundadır. Çalışmalarda kullanılan genişletilmiş perlit üç farklı boyuttadır. Perlite ait kimyasal bileşimler Tablo 2.1. 'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Genleştirilmiş Perlitin Kimyasal Bileşenleri

Genleştirilmiş Perlit (1 mm)		Genleştirilmiş Perlit (3 mm)		Genleştirilmiş Perlit (5 mm)	
SiO₂	% 74		% 74,5		% 74,5
Al₂O₃	% 14,33		% 14,33		% 14,33
K₂O	% 4,95		% 4,45		% 4,45
MgO	% 0,28		% 0,28		% 0,28
CaO	% 0,5		% 0,5		% 0,5
Fe₂O₃	% 0,97		% 0,97		% 0,97
Na₂O₃	% 2,9		% 2,7		% 2,8
TiO₂	% 0,12		% 0,9		% 0,11
MnO₂	% 0,07		% 0,06		% 0,06
SO₃	% 0,03		% 0,03		% 0,03
FeO	eser miktar		eser miktar		eser miktar
Cr	eser miktar		eser miktar		eser miktar

Matris olarak Al, takviye olarak genleştirilmiş Perlit %3 oranında, 1 - 3 - 5 mm boyutlarında, %1 - %3 - %5 oranlarında Al₂O₃ ve SiC kullanılmıştır. Köpürtücü ajan olarak ise TiH₂ kullanılarak metalik kompozit köpük üretilmiştir. Üretilen numunelerin içerikleri ile kodlamaları Tablo 2.2.'de verilmiştir. Elde edilen numunelerin karakterizasyonunu belirlemek için Yoğunluk, SEM ve EDX analizleri yapılmıştır. Deneysel çalışmada Al tozuna %1,5 oranında TiH₂ tozu, farklı oranlarda takviye tozları ve farklı miktarlarda genleştirilmiş perlit ve ilave edilerek 30 dakika süreyle mekanik olarak karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi homojen karışım elde edilinceye kadar sürdürülmüştür.

Tablo 2.2:Kullanılan Matris ve Takviyelere Göre Hazırlanmış Numuneler ve Kodları

Genleştirilmiş Perlit (A) 1mm		Genleştirilmiş Perlit (B) 3mm		Genleştirilmiş Perlit (C) 5 mm	
A1	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit +%1 Al ₂ O ₃	B1	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit +% 1 Al ₂ O ₃	C1	Al + %1,5TiH ₂ + % 3 perlit +% 1 Al ₂ O ₃
A2	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 3 Al ₂ O ₃	B2	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 3 Al ₂ O ₃	C2	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 3 Al ₂ O ₃
A3	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 5 Al ₂ O ₃	B3	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 5 Al ₂ O ₃	C3	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 5 Al ₂ O ₃
A4	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 1 SiC	B4	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 1 SiC	C4	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 1 SiC
A5	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 3 SiC	B5	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 3 SiC	C5	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 3 SiC
A6	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 5 SiC	B6	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 5 SiC	C6	Al + %1,5 TiH ₂ + % 3 perlit + % 5 SiC

Hazırlanan toz karışımları presleme işlemi 300 bar presleme kapasitesine sahip hidrolik preste gerçekleştirilmiştir. Karışım tozları, karıştırıcıdan kalıba aktarılmadan önce kullanılan kalıplar çinko stearat ile yağlanmıştır. Homojen karışım sağlandıktan sonra tozlar presleme işleminden, ısıtma işlem aşamaları için hazır hale getirilir. Hazırlanan numuneler 850 - 900°C sıcaklıkta 15 - 30 dakika köpürtme ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra numuneler fırın ortamında soğumaya bırakılmışlardır. Soğutulan numunelere daha sonra 550°C sıcaklıkta 3 saat boyunca sinterleme işlemi uygulanmıştır. En iyi köpürtme kriterlerini belirlemek için birçok şart denenmiştir. Numunelere köpürtme işlemi için fırın içerisinde açık olarak ve fırın içerisinde kapalı kalıp ortamında köpürtme işlemi uygulanmış ve kapalı ortamda yapılan deneylerde daha iyi köpürme

elde edilmiştir. Numuneler genelde alt yüzeyden üst bölgeye doğru köpürmüştür. Kalıp içerisinde köpürtmenin diğer bir avantajı ise homojen dağılım sağlamasıdır.

Yoğunluk hesabı sinterleme sonrası ölçülen değerlere göre hesaplanmıştır. Hassas terazide numunelerin ağırlıkları tartılmıştır. Numuneler su dolu cam mezürün içine atılarak yoğunluk hesabı aşağıda verilen denklem 2.1. ve 2.2. yardımıyla hesaplanmıştır.

$$V = \pi R^2 H \quad 2.1.$$

$$D = M/V \quad 2.2.$$

V=Numunenin Hacmi, R=cam mezürün çapı, H=cam mezürde yükselen su miktarı D=Yoğunluk, M=Sinterleme sonrası ağırlık verilerine göre hesaplanmıştır.

Alüminyum matrisli farklı takviyeli numunelerden 9 tane seçilerek (B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7,B8,B9) SEM ve B2,B5 numunelerinden EDX sonuçları elde edilmiştir. SEM analizi için ortadan ikiye kesilen numuneler daha sonra 80-240-400-800-1200' lük zımparalarda su altında zımpara yapıldıktan sonra çuhalarda 1 µm' lik elmas solüsyon kullanılarak parlatma yapılmıştır Köpürme sonrası numunelerde oluşan gözenek yapıları mikro boyutta incelenmiştir. Kesilen numuneler Şekil 2.1 de gösterilmiştir.



Şekil 2.1:Ortadan İkiye Kesilmiş ve Zımparalanmış Numuneler

3.DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada alüminyum matris içerisine farklı takviye elemanları katarak elde edilen sonuçlar açıklanmıştır. Alüminyum köpük metal uzun yıllardan günümüze çeşitli yöntemler kullanılarak geliştirilmiş olup ticari önemi nedeniyle en çok alüminyum gibi hafif metallerden üretmektedir. Takviye elemanı olarak geliştirilmiş perlit, Al₂O₃, SiC kullanılmıştır. Kullanılan geliştirilmiş perlit farklı boyuttaki etkilerinin kıyaslanması için 1,3,5 mm boyutlarında seçilmiştir. Perlit asidik bir volkanik camdır. Perlit, ısıyla genleşme özelliği olan, geliştirildiğinde çok hafif ve gözenekli bir hale geçen kayadır. Ayrıca asit ve bazlara karşı dayanıklı olması nedeniyle çeşitli alanlarda

kullanılmaktadır.İçerdiği SiO_2 ve Al_2O_3 mekanik özelliklerin iyileşmesini ve mukavemetin artmasını sağlar. Al_2O_3 minerali, alüminyum metalinin oksijene karşı yüksek duyarlılıkta olmasından dolayı meydana gelmektedir. Yüksek sertlikleri ve dayanım ömürlerinin yüksek oluşları nedeniyle yüzey işlem sektöründe tercih edilirler. SiC çok sert, aşındırıcı malzeme olup yüksek sürünme mukavemetine sahiptir.İndirgeyici atmosferde erezyon ve kimyasal etkileşimlere karşı mükemmel bir direnç gösterir.Muazzam bir termal şok dayanımı sergiler.SiC eklenmesiyle; sertlik, aşınma direnci ve az miktarda da olsa mukavemet gibi mekanik özellikler iyileştirilmektedir.

Tablo 3.1: Numunelerin Yoğunluk Değerleri

	m(gr)	V(cm³)	D(cm)
A1	4.462	1.061	4.205
A2	3.788	1.061	3.570
A3	4.729	1.167	4.052
A4	4.385	1.220	3.594
A5	4.687	1.220	3.841
A6	4.681	1.114	4.201
B1	4.446	1.220	3.644
B2	3.967	1.061	3.738
B3	4.740	1.167	4.061
B4	4.311	1.061	4.063
B5	4.638	1.061	4.371
B6	4.496	1.008	4.460
C1	4.272	1.061	4.026
C2	4.727	1.114	4.243
C3	4.915	1.591	3.089
C4	4.440	1.220	3.639
C5	5.571	1.114	4.103
C6	4.632	1.114	4.157

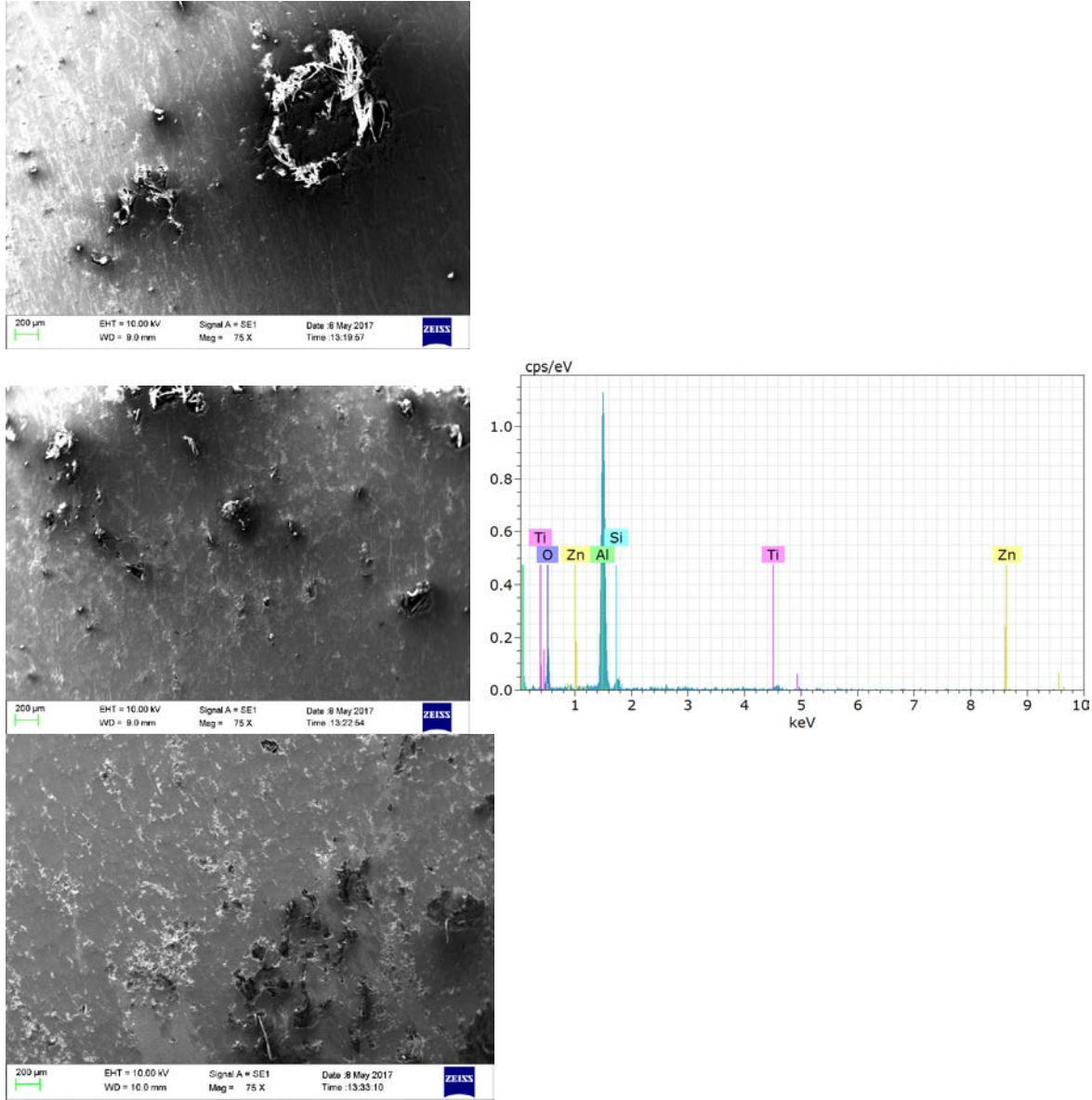
Şekil 3.1: Al Matrisli Numunelerde Perlitin Tane Boyutunun, Al_2O_3 'nin Ağırlıkça Yüzdesinin Etkisi

Şekil 3.1 de gösterilen A serisi numunelerine bakıldığında perlitin tane boyutu ve Al_2O_3 'un ağırlıkça yüzdesi arttığında yoğunluk değeri azalır, sonra da artış göstermiştir. B numunesi ise perlitin tane boyutu ve Al_2O_3 'un ağırlıkça yüzdesi arttığında yoğunluk değeri doğru orantılı olarak artmıştır. C serisi numunelerinde ise perlitin tane boyutu ve Al_2O_3 'un ağırlıkça yüzdesi arttığında yoğunluk değeri ilk artmış sonra azalmıştır. A ve C numunelerindeki bu davranışı karıştırmanın homojen olmamasından ve homojen preslenme olmamasından kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Ayrıca numuneler köpürtme yapılırken izocamla sarıldığı için, numune üzerine yapılan izocam parçaları yoğunluğun böyle değişken olmasına sebep olmuş olabilir.

Şekil 3.2: Al Matrisli Numunelerde Perlitin Tane Boyutunun ve SiC'nin Ağırlıkça Yüzdesinin Etkisi

Perlit boyutu arttıkça ve SiC'nin ağırlıkça yüzdesi arttıkça ve perlitin tane boyutu arttıkça yoğunluğun A, B ve C serisi için doğrusal olarak arttığı gözlenmiştir. Bunun sebebinin yapılan

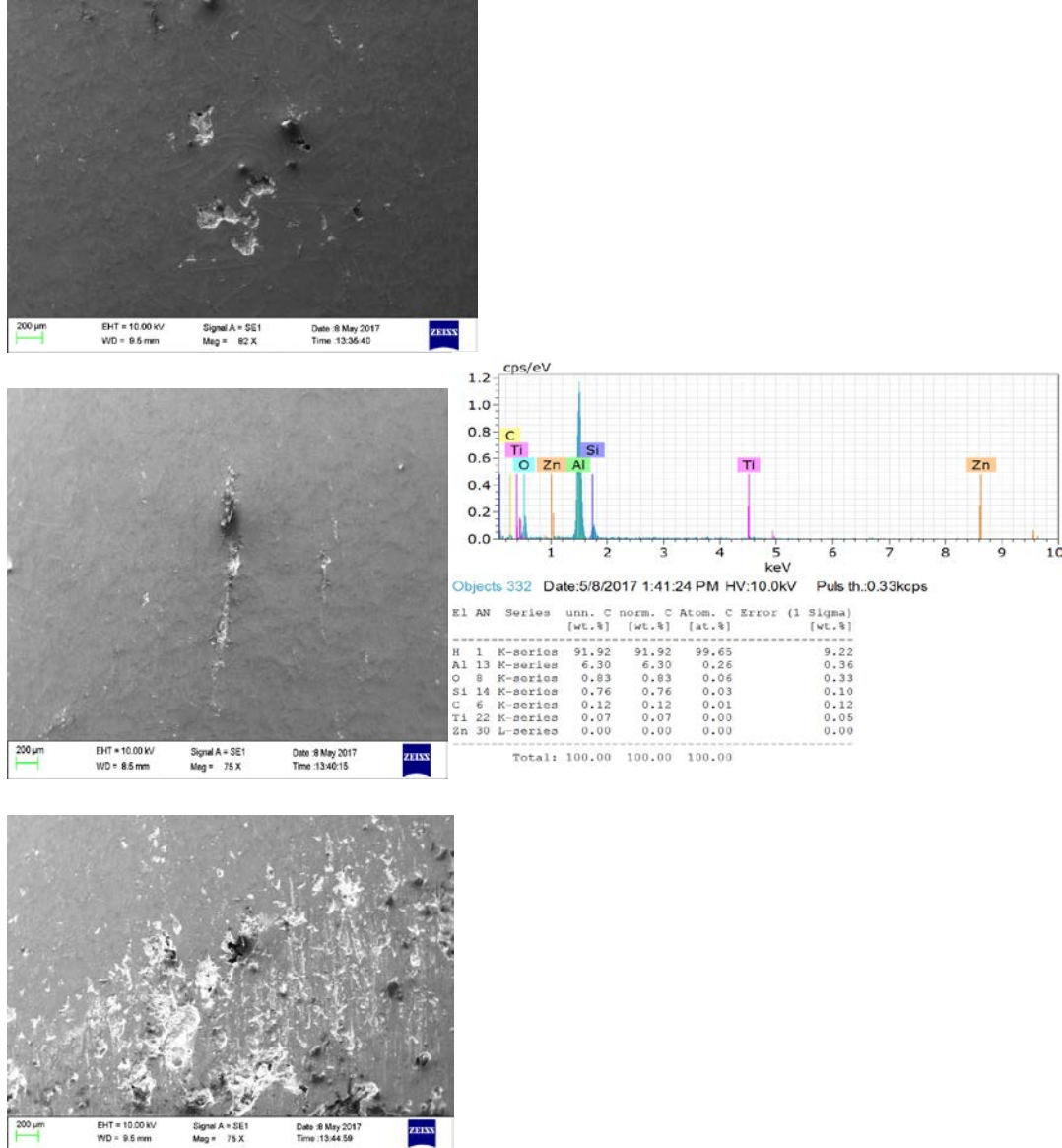
kariştirme işleminin daha homojen olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir.



Şekil 3.3: (a)B1 numunesine ait SEM görüntüsü (b)B2 numunesine ait SEM görüntüsü ve EDX analizi (c)B3 numunesine ait SEM görüntüsü

B1, B2, B3 %1-3-5 Al_2O_3 takviyeli,saf alüminyum tozu için köpürtücü madde miktarı %1,5 ve köpürtme sıcaklığı 900°C olarak belirlenmiştir. Daha sonra 900°C sıcaklıktaki fırın içerisine yerleştirilen kompozit numuneler 15 dakika köpürtme işlemine tabi tutulmuştur. Köpürtülen numuneler fırın içerisinden alınarak atmosfer ortamında soğumaya bırakılmıştır. Şekil 3.3de göröldüğü gibi çok sayıda ve değişik boyutlarda gözenek yapısı elde edilmiştir.%3 ve %5 takviye elemanı içeren Al köpüklerin gözenek sayılarında kısmen birbirine yakınlık tespit edilmiştir. %5

Al_2O_3 içeren numune gözenek boyutları %1 Al_2O_3 içeren numuneye kıyasla gözle görülebilir ölçüde daha küçüktür. Bunun sebebinin Al_2O_3 ilavesinin gözenek duvarlarında meydana getirdiği dayanım artışı ve bu dayanım artışına paralel oranda köpürme sırasında ayrıışan hidrojen gazının genleşmeyi sağlamak üzere gözenek duvarlarında oluşturduğu basıncın düşük olmasının köpürmeyi engellediği düşünülmektedir.



Şekil 3.4: (a)B4 numunesine ait SEM görüntüsü (b)B5 numunesine ait SEM görüntüsü ve EDX analizi (c) B6 numunesine ait SEM görüntüsü

Şekil 3.4'te %1-3-5 oranında SiC takviyeli numunelerin SEM görüntüleri gösterilmiştir. [17] kaynaklı yayında SiC etkisinin köpürmede daha iyi sonuç vermiş olmasına rağmen bizim

çalışmamızda bu etkinin Al_2O_3 li matrise göre daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bunun perlitin etkisi olduğu düşünülmektedir.

4.SONUÇLAR

Bu çalışmada toz metalürjisi yöntemi ile matris saf Al tozu, genleştirilmiş perlit takviyeli ve köpürtücü ajan olarak TiH_2 kullanılarak kompozit metal köpük üretimi gerçekleştirilmiştir. Proses parametrelerinin değişiminin, metal köpüğün hücre yapısı ve dağılımına etkileri araştırılmış elde edilen sonuçlar özetlenmiştir

- Numunelerin deney aşamasında üretilme kriterleri açısından incelendiğinde köpürtme şartları optimize edilirken elde edilen sonuçlarda numunelerdeki gaz çıkışının üste doğru olduğu için üretilen tüm numunelerin orta kısmında boşluk olduğu gözlenmiştir. Kapalı potalar kullanılarak alt kısımda ve yan yüzeylerde kalan köpürmeyen yerlerin en aza indirilmesinin sağlanabileceği düşünülmektedir.
- Perlit, matris mukavemetine ve gözenekliliğe hangi oranda ne derecede etkili olduğunu gözlemlemek için bu çalışmaya katılmış ve buradan elde edilen sonuçlar bize perlitli kullanmanın hem daha ekonomik hem de işlem kolaylığı getirerek tek aşamada malzeme üretimini kolaylaştırmış olacaktır.
- Köpürme ajanı olarak TiH_2 katılan numunelerde Al matris içine katılan takviyelerden Al_2O_3 ve SiC arasında yapılan farklı matris incelemelerinde Al_2O_3 katkılı olanlarda en iyi gözeneklilik olduğu görülmüştür. SiC yüksek ergime noktasına sahip olduğu için deney şartlarına göre köpürmeyi olumsuz etkilediği düşünülmektedir
- Numunelerin genel basamak işlemleri tamamlandıktan sonra mikro yapı incelemeleri neticesinde perlit takviyeli numunelerde yoğunluk değerlerindeki değişiklik gözlenmiş, TiH_2 takviyeli numunelerdeki köpürmelerin gözle görülür bir şekilde olduğu incelenmiş perlit takviyeli numunelerde ise köpürmelerin oluşmadığı gözlenmiştir. Fakat perlitin yüksek gözeneklilik özelliğinden dolayı yoğunluk değerleri neredeyse eşit seviyelere ulaşmıştır.

KAYNAKLAR

- [1]Gibson,L.J.,Ashby,M.F,1988 "Cellular Solids;StructuresandProperties",Pergamon Press,Oxford,132
- [2]Hanssen,A.G.,Longseth,M.,Happerstand, O.S.,2000,"Static anddynamiccrushing of circularaluminiumextrussionswithaluminiumfoam filler",J.OfImpact Eng.,24(5);475-507
- [3]Seitzberger,M.,Rammerstorger,F.G.,Desigcher.H.P.,"Crushing of axiallycompressedsteeltubesfiiledwithaluminiumfoam",ActaMechanica 125;95-103,1997
- [4]Bostan,B., "Mekanik alaşımlama ve ekstrüzyon sonrası Al_4C_3 oluşunun incelenmesi",J.Fac.Eng.Arch.Gazi.Univ.,Vol 23,No 2.343-348.2008
- [5]Hanssen A.G.,Longseth,M.,Happerstand,O.S., "staticanddynamiccrushing of circularaluminiumextrussionswithaluminiumfoamfiller"Int,J.ofImpact Eng.,25(5)475-507,2000
- [6]Amjad,S;,"ThermalConductivityandNoiseAttanvation in AluminiumFoams"Adissertationsubmittedforthedegree of Master of Phisolophy in MaterialsModelling at theUniversity of Cambridge,3-7,2001.
- [7]J.Banhart,Manufacturingroutesformetallic foams,J.Met.52(2000) 22-27
- [8]K.Stöbener,J.Baumaster,D.Lehmlus,H.StanzickandZöliner,Compositebased on metallicfoams;Phenomenology;Production;PropertiesandPrinciples,Int.Conf.on Advanced Metallic Materials,5-7 Nov 2003,Smolenice,Slovakia
- [9]B.Matijasevic-Lux,J.Banhard,S.Fiechter,O.GörkeandN.Wonderka,Modification of TiH_2 forimproved Al foammanufacture.Acta Meterialia,54(2006)1887-1900
- [10]E.EsmacelzadehandA.Simci,Formabilityandcompressiveproperties of $AlSi_7-3$ vol %SiC-0.5 wt.% TiH_2 powdercompact,materials Letters,2007
- [11]M.Raulia,K.Chassopis,C.Fotinopoulos,T.Sovvidis,D.Katakis,,SpillsciTechnol.Bull.8(2003)4 25-431
- [12] M.Sing ,M.Gerg,constr.Build.Mater.5(1991)75-81
- [13] İ.B.Topçu,B.İşıkdag,J.Mater.Process.Technol.204(2008)34-38
- [14] Markaki,A.E ve Clyne,T.W,2000,"Charecterisation of impactresponse of metallicfoam/ceramiclamine,Materialslamine,MaterialsScienceand Tecnology."July-August,16,785-791
- [15] Metal köpük malzemeler ve yüzey soğutmada kullanımı Ayla

Doğan,İbrahimAtmaca,OğuzhanÖzbalcı**12.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi 2015**

[16] Simanc F.-"Reproducibility of aluminiumfoamproperties",Int.Conference on Metal FoamsandProrus Metal structures,14-16 Jume 99 Bremen Eds.J.Banhart,M.F.Ashby,N.A.Fleck,MITPublishing,Bremen ,P.235-240

[17] Arif Uzun,Uğur Gökmen ve Mehmet Türker;"Toz Metalurjisi Yöntemi ile Üretilen Alüminyum Esaslı Metalik Köpükte Si İlavesinin Köpürmeye Etkisi "Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü,2009

GÜÇ SİSTEMLERİNDE HARMONİK REZONANSIN ANALIZI VE MODELLENMESİ

Dr.Öğr. Üyesi Suleyman ADAK

Mardin Artuklu Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Eneji Bölümü

Dr. Hasan CANGİ

HasCan Mühendislik Bürosu, Mardin, Türkiye

ÖZET

Harmoniklerin bileşenlerin en büyük bozucu etkilerinden biri de rezonans etkisidir. Endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olduğu frekansa "rezonans frekansı" denmektedir. Güç sistemlerinde frekans arttıkça endüktif freaktans artarken; kapasitif reaktans azalmaktadır. Güç sisteminin frekansı endüktif reaktansla doğru orantılı, kapasitif reaktans ile ters orantılıdır. Kapasitif ve endüktif reaktansın, aynı harmonik frekansta birbirlerine eşit olması durumunda rezonans oluşur. Rezonans güç sisteminde çok yüksek gerilimlerin oluşmasına ve sisteme bağlı donanımın zarar gömesine neden olur. Paralel ve seri olmak üzere iki türlü rezonans vardır. Seri rezonans harmonik akımlarının akışına düşük empedans göstermesine karşın, paralel rezonans harmonikli akımların akışına yüksek empedans gösterir. Seri rezonans gerilim yükselmelerine neden olurken, paralel rezonans ise akım değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Güç sisteminde rezonans oluşması sonucunda yüksek düzeyde gerilim veya akım değerleri oluşur. Aşırı akım ve gerilim değerleri güç sistemindeki kondansatör bataryaları bozulmasına ve sisteme bağlı donanımların devre dışı kalmasına neden olur.

Anahtar Kelimeler : Harmonik bileşenler, Rezonans, Paralel rezonans, Aşırı akım ve gerilimler, Seri rezonans.

MODELİNG AND ANALYSIS OF HARMONIC RESONANCE IN POWER SYSTEMS

Abstract

One of the biggest disturbing effects of harmonic components are the resonance effect. The frequency at which the inductive reactance is equal to the capacitive reactor is called the "resonance frequency". As the frequency increases in power systems, inductive reactance increases; capacitive reactance is decreasing. The frequency of the power system is directly proportional to inductive reactance, inversely proportional to capacitive reactance. Resonance condition are created when the inductive and capacitive reactances become equal at one of the harmonic frequencies. Resonance leads to very high voltages in the power system and damage to the equipment connected to the system. There are two types of resonance, paralel and series. Although the series resonance shows low impedance to the flow of harmonic currents, the paralel resonance show shigh impedance to the flow of harmonic currents. While the series resonance causes voltage increases, paralel resonance causes the current values to increase. As a result of resonance in the power system, high voltage or current values are generated. The over current and voltage values cause the capacitor batteries in the power system to fail and the equipment connected to the system to be disabled.

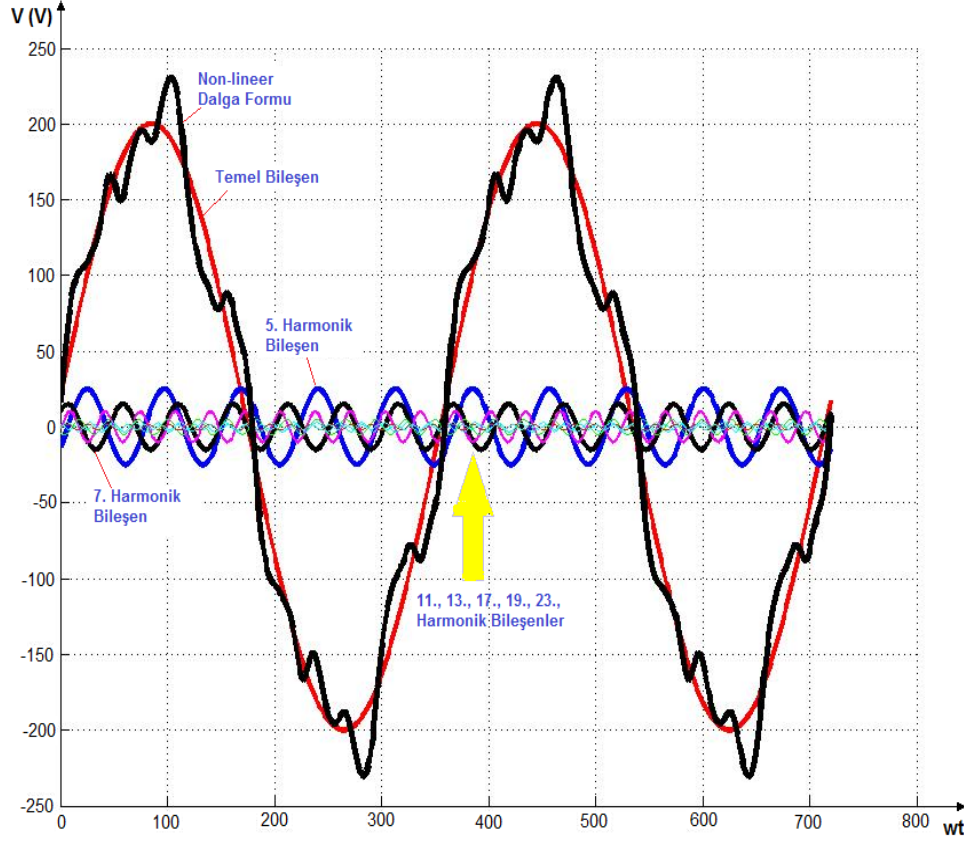
Keywords : Harmonic compenets, Rezonance, Parallel rezonans, Over current and voltage, Series resonance.

1.GİRİŞ

Alternatif akım güç sistemlerinde endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olması ile güç sisteminde rezonans oluşur. Elektrik tesislerinde rezonans olması durumunda devreden yüksek akımlar akar [1-3]. Bunun sonucunda tesisteki birçok cihaz hasar görür. Elektrik devrelerindeki harmonik bileşenlerin mutlak surette tespit edilip bunları yok edecek filtrelerin tesise yerleştirilmesi gerekir.

$$v(\omega t) = 200\sin(\omega t + 5^\circ) + 25\sin(5\omega t - 35^\circ) + 15\sin(7\omega t + 40^\circ) + 10\sin(11\omega t - 10^\circ) + 5\sin(13\omega t - 140^\circ) + 3\sin(17\omega t - 21^\circ) + 2\sin(19\omega t - 33^\circ) + 1.5\sin(23\omega t + 80^\circ) \quad (1)$$

harmonikli gerilim dalgası ile harmonik bileşenleri Şekil 1' de verilmiştir.



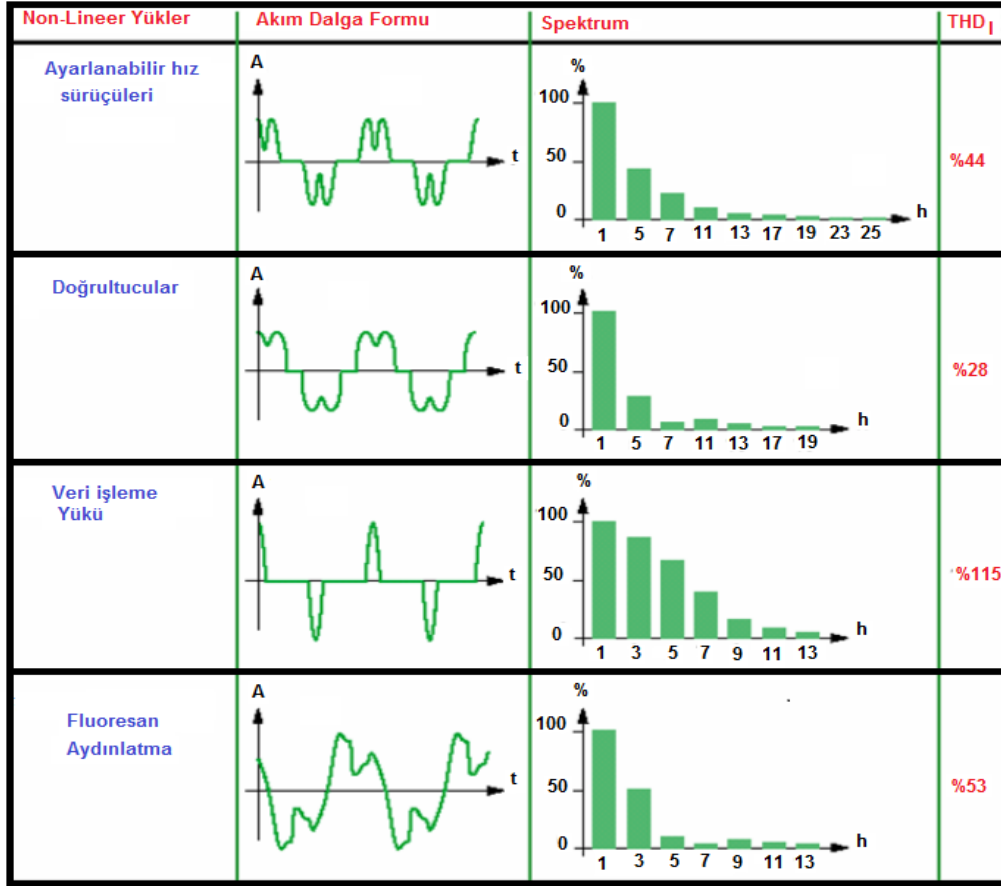
Şekil 1. Non-lineer gerilimli dalga formu ile harmonik bileşenleri

Harmonik bileşenlerin en büyük bozucu etkilerinden biri de rezonans etkisidir. Endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olduğu frekansa "rezonans frekansı" denmektedir. Bilindiği gibi güç sistemlerinde frekans arttıkça endüktif reaktans artarken; kapasitif reaktans azalmaktadır [2-4]. Yani güç sisteminin frekansı endüktif reaktansla doğru orantılı, kapasitif reaktans ile ters orantılıdır.

2. ARAŞTIRMA

Rezonans kapasitif ve endüktif reaktansların birbirine eşit olduğunda oluşur ve devrede omik yükün etkili olması durumudur. Harmonik bileşenlerin yol açtığı rezonans sonucunda sistemde

harmonik frekanslar oluşur. Harmonik bileşenlerin giderilmesi zararlı genliğe sahip harmonik bileşenler harmonik filtreler vasıtası ile süzülmalıdır. Şekil 2’de çeşitli yüklere ilişkin harmonik distorsiyon değerleri verilmiştir.

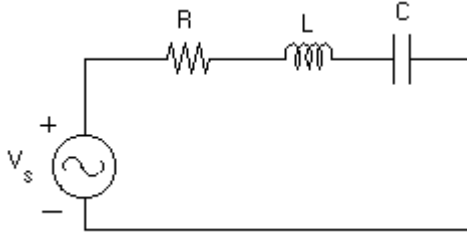


Şekil 2. Çeşitli yüklere ait dalga formu ile harmonik bileşenler

Elektrik devrelerinde seri ve paralel rezonans olmak üzere iki türlü rezonans mevcuttur. Paralel rezonans en çok raslanan rezonans türüdür. Rezonans olayları elektrik tesislerinde istenmeyen olaylardır. Rezonans sonucunda bir çok devre elemanı hasar görür [5, 6]. Sanayi tesislerinde konması zorunlu olan kondansatörler ile otomatik kompanzasyon yapmak zorunlu olmaktadır ki bu da enerji sisteminde birden fazla rezonans frekansı oluşturacağından her zaman büyük oranda risk oluşturur.

2.1 Seri rezonans

R, L, C devre elemanlarının bulunduğu bir devrede endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olması durumunda rezonans oluşur. Rezonans durumunda empedans değeri küçük olduğundan devreden yüksek akım akar [7, 8]. Şekil 3'te seri rezonansa ait prensip şeması verilmiştir.

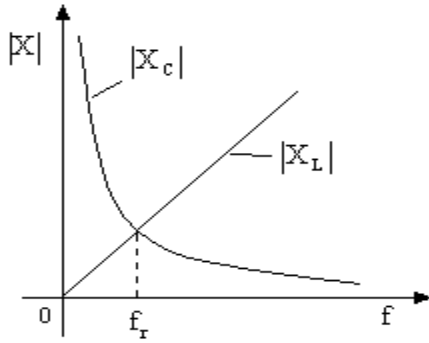


Şekil 3. Seri rezonans devresi

R, L, C elemanlarından oluşmuş bir devrede empedans değeri,

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (2)$$

olarak bulunur. Endüktif ve kapasitif reaktansın frekansa bağlı değişimi Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Seri rezonans durumunda reaktansın frekansa bağlı değişimi

(2) denkleminde prantez içindeki ifadenin sıfıra eşitlenmesi ile rezonans frekansı,

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3)$$

olarak bulunur. Reaktans değerleri çinsinden rezonans frekansı,

$$f_r = f \cdot \left(\frac{X_C}{X_L} \right)^{1/2} \quad (4)$$

Harmonikli devrede n.‘ ninci harmonik bileşen frekansında rezonansa gelmesi durumunda,

$$n_r = \frac{f_r}{f} \quad (5)$$

ifadesi kullanıldığında,

$$n_r = \left(\frac{1}{\omega^2 \cdot L \cdot C} \right)^{1/2} \quad (6)$$

olarak bulunur. Rezonans durumunda rezonans akımının değeri,

$$I_r = \frac{V}{R} \quad (7)$$

olarak bulunur. Rezonans geriliminin değeri,

$$V_r = I_r \cdot X_r \quad (8)$$

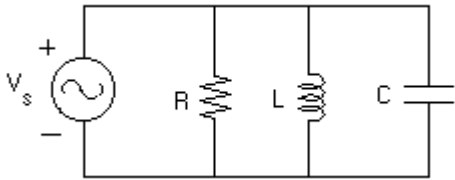
şeklinde bulunur. Kondansatör uçlarındaki gerilim,

$$V_{Cr} = I_r \cdot X_C = \frac{V \cdot X_C}{R} \quad (9)$$

olarak bulunur. Rezonans anında devrede sadece R omik direnci bulunur. Bunun değeri de çok küçük olacağından, rezonans anında sistem içinde en büyük zararı kondansatörler görür.

2.2 Paralel Rezonans

Paralel bağlı R, L, C devre elemanlarının bulunduğu bir devrede endüktif reaktansının kapasitif reaktansa eşit olması durumunda paralel rezonans oluşur [9-11]. Şekil 5’te paralel rezonans devresi verilmiştir.



Şekil 5. Paralel rezonans devresi

Şekil 4’ teki devrenin toplam admitansı,

$$Y_T = \frac{1}{R} + j \cdot \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \quad (10)$$

olarak bulunur. Rezonans durumunda,

$$\omega.C - \frac{1}{\omega.L} = 0 \quad (11)$$

ifadesinden,

$$f_r = \frac{1}{2.\pi.\sqrt{L.C}} \quad (12)$$

olarak bulunur. Rezonans anında devreden geçen akım,

$$I_r = \frac{V}{R} \quad (13)$$

olarak bulunur. Rezonans anında kondansatörden geçen akım,

$$I_{Cr} = \frac{V}{X_{Cr}} = \frac{R.I_r}{X_{Cr}} \quad (14)$$

olarak bulunur. Rezonans anında kondansatör ile bobinin akımı birbirine eşit ve zıt yönlüdür. Bundan dolayı akımların toplamı sıfırdır [10-12]. Bu rezonans şekline “akım rezonansı” adı verilir.

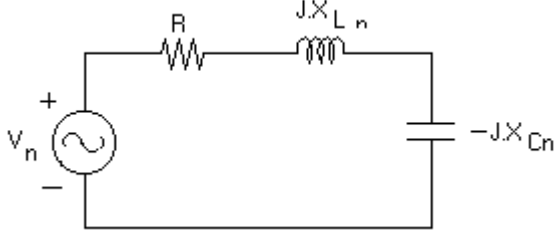
2.3. Harmonikli Devrelerde Rezonans Oluşumu

Alçak gerilim şebekelerinde ise değişik dereceden harmonikleri görmek mümkündür. Bunlar 3, 5, 7, 9 ve 11 gibi sıralanabilir. Bu harmoniklerin baskınlığı kullanılan yükün özelliğine göre ve tesisin rezonans frekansına göre değişmektedir. Bunlara ek olarak, güç transformatörleri mıknatıslanma akımından dolayı harmonik üretmektedir. Güç transformatörlerinde harmoniklerin en yüksek olduğu an, boşa çalışmalarının yüksek olduğu andır. Çünkü boşa çalışma esnasında çekilen akım azalır. Böylece mıknatıslanma akımının oranı artar. Ayrıca transformatörün geriliminin artmasıyla, nüvesi doyuma ulaşır. Nüvenin doyuma ulaşması harmonik oranlarını artırır.

Rezonans anında endüktif ve kapasitif dirençler birbirlerine eşittir. Rezonansın çeşidine göre, aşırı akım ve gerilimler ortaya çıkar. Sistem rezonansı, harmonik frekanslarından birine yakın bir değerde oluşursa, aşırı seviyede harmonik akım ve gerilimleri ortaya çıkacaktır. Devrede non-lineer elemanların bulunması durumunda bu elemanların ürettiği frekanslar sistem frekansını etkiler. Genellikle temel bileşen dışında 5. ve 7. harmonik bileşenlerle sistem rezonans oluşturulur. Rezonans durumunda sistemde arıza ve hasarlar oluşur [13]. Sistem yükünün az olduğu gece yarılıarı ile tatil günlerinde rezonans etkisi daha fazladır.

2.3.1 Harmonikli Devrelerde Seri Rezonans Oluşumu

Güç sistemlerinde endüktif reaktans frekans ile doğru orantılı artarken, kapasitif reaktans frekans ile ters orantılı azalmaktadır. Omik direnç toplam empedansa göre düşük olduğu için sistemde aşırı akımlar meydana gelmektedir. Şekil 6’da R, L, C, parametrelerinde oluşmuş bir devrenin n.’ ninci harmonik için eşdeğer devresi verimiştir.



Şekil 6. Harmonik bileşenler içeren devrenin eşdeğer şeması

Devredeki endüktif reaktansın değeri,

$$X_{Ln} = n.X_L \quad (15)$$

olarak ifade edilir. Kapasitif reaktansın değeri,

$$X_{Cn} = \frac{X_C}{n} \quad (16)$$

olur.

Devrenin n.’ ninci harmonik için empedans değeri,

$$Z_n = R + j \left(n.X_L - \frac{X_C}{n} \right) \quad (17)$$

olarak bulunur. Rezonans anınıdaki reaktans değeri,

$$X_r = n_r.X_L = \frac{X_C}{n_r} \quad (18)$$

olarak bulunur. Rezonans anında endüktans ve kondansatörün reaktans çarpımı,

$$X_r = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (19)$$

olarak bulunur. X_r , endüktans ve reaktansa ait reaktans değeridir.

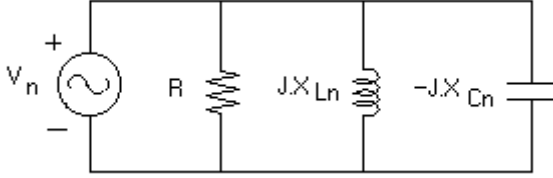
Kullanılacak filtre devresinin kalite faktörü,

$$Q = \frac{X_r}{R} \quad (20)$$

şeklinde ifade edilir. Kompanzasyon tesislerinde yüksek harmonik bileşenlerin etkisi göz önünde bulundurularak kullanılacak kondansatör ve sigortaları amper değeri %70 kadar büyük seçilmelidir.

2.3.2 Harmonikli Devrelerde Paralel Rezonans Oluşumu

Paralel rezonans ise rezonans frekansında toplam empedans artar. Toplam empedans arttığı için, küçük akımlarda dahi büyük gerilimler oluşabilir. Harmonikli bir gerilim kaynağından oluşan bir devrede paralel kollarda harmonik akımları akar. En çok karşılaşılan rezonans türüdür. Tüm harmonik problemler öncelikler paralel bağlı kondansatör gruplarında ortaya çıkar. Şekil 7’de R, L, C, parametrelerinden oluşan paralel rezonans devresi verilmiştir.



Şekil 7. Paralel rezonans devresine ait prensip şeması

Harmonik bileşenler için empedans değeri,

$$Z = \frac{-jR.L}{R.C\left(n.\omega.L - \frac{1}{n.\omega.C}\right) - j.L} \quad (21)$$

olarak bulunur. Rezonans anındaki reaktans değeri,

$$X_r = n_r.X_L = \frac{X_C}{n_r} \quad (22)$$

şeklinde bulunur.

Rezonanstaki harmonik bileşenlerin değeri,

$$n_r = \left(\frac{1}{\omega^2.L.C}\right)^{1/2} \quad (23)$$

şeklinde bulunur. Rezonans anındaki kondansatör ile endüktansın reaktansları çarpımı,

$$X_r = \left(\frac{L}{C}\right)^{1/2} \quad (24)$$

olarak bulunur. Kullanılacak filtrenin kalite faktörü,

$$Q = \frac{R}{X_r} \quad (25)$$

olarak bulunur. Yüksek frekans değerlerinde kondansatörün reaktansı azalacağından, paralel rezonansa en önemli büyüklük kondansatör akımıdır. Kondansatörün temel bileşen akımı,

$$I_{C1} = \frac{Q_{C1}}{V_n} \quad (26)$$

olarak bulunur. Kondansatör akımı harmonik bileşenler içerir. Kondansatör akımı harmonik bileşenleri,

$$I_{Cn} = \frac{J_n \cdot V_{Cn}}{X_{C1}} \quad (27)$$

formülüne göre hesaplanır. Harmonik bileşenlerle rezonans oluşturacak kompanzasyon gücü,

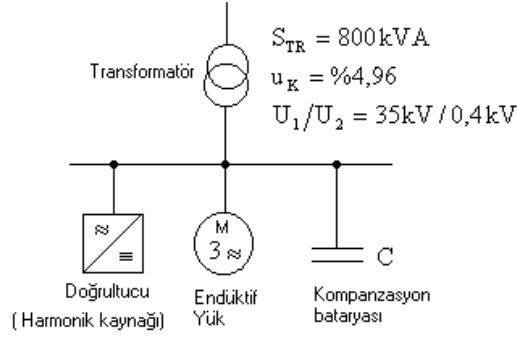
$$Q_{Cn} = \left(\frac{V}{n_r} \right)^2 \cdot \frac{1}{X_s} \quad (28)$$

olarak bulunur. Non-lineer elemanlar elektrik tesislerinde kirliliğe neden olmakta tüketiciye verilen enerjinin kalitesini düşürmektedirler. Non-lineer elemanların elektrik tesisleri üzerindeki etkileri mutlak surette önlenmelidir.

Akım harmonikleri transformatörlerde kaçak akıları artırarak bakır kayıplarında artışa neden olurlar. Gerilim harmonikleri ise demir kayıplarına ve yalıtım zorlanmalarına neden olur. Ayrıca harmonikler, güç transformatörü ile kompanzasyon kondansatörlerinin paralel rezonansa girmesine neden olurlar.

SAYISAL UYGULAMA:

Şekil 8'deki tesiste 5., 7. ve 11.'inci harmonik bileşenler etkin olarak bulunmaktadır. Elektrik motorunun devrede bulunmadığı durumda sistemi rezonansa getirecek kondansatör güçlerini bulunuz.



Şekil 8. Güç sisteminin prensip şeması

CÖZÜM:

Eşdeğer devreye harmonik akım kaynağı doğrultucu tarafından bakacak olur isek, görüldüğü üzere harmonik akımlar şebeke empedansı üzerinden akar ve ohm yasasına göre harmonik gerilim indüklerler. Bu oluşan gerilim distorsiyonunun değeri üretilen harmonik akımın değerine bağlı olduğu kadar, ilgili şebekenin empedansına da bağlıdır. Transformatörün reaktans değeri,

$$X_{TR} = \frac{u_K \cdot U_2^2}{100 \cdot S_{TR}} = \frac{4,96 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 0,8} = 0,0099 \text{ } [\Omega]$$

olarak bulunur. Motor devre dışında bulunduğu durumda, beşinci harmonik bileşen ile rezonansa gelecek kompanzasyon bataryasının gücü (28) denkleminde,

$$Q_{C5} = \left(\frac{0,4}{5} \right)^2 \cdot \frac{1}{0,0099} = 646,46 \text{ } [\text{kVAr}]$$

olarak bulunur. Yedinci harmonik bileşen için,

$$Q_{C7} = \left(\frac{0,4}{7} \right)^2 \cdot \frac{1}{0,0099} = 329,83 \text{ } [\text{kVAr}]$$

olarak bulunur. Onbirinci harmonik bileşen için,

$$Q_{C11} = \left(\frac{0,4}{11} \right)^2 \cdot \frac{1}{0,0099} = 133,57 \text{ } [\text{kVAr}]$$

olarak bulunur. Kompanzasyon hesaplarında seçilecek kompanzasyon gücü bu değerlerden farklı olmalıdır. Yoksa tesis bu harmonik bileşenlerle rezonansa girer. Kompanzasyon projesi yapıldığında, yüksek harmonikler üreten ark fırınları, kaynak makineleri, doğrultucu cihazlar varsa kondansatör gücü hesabında mutlak surette harmonik bileşenlerin dikkate alınması gerekir.

3. SONUÇLAR

Büyük harmonik kaynağı durumunda bulunan ark ocakları, doğrultucular ve kaynak makinalarının bulunduğu tesislerde kompanzasyon gücünün seciminde sistemdeki harmonik bileşenlerin etkisi mutlak surette göz önünde bulundurulmalıdır. Rezonans elektrik tesislerinde istenmeyen bir büyüklüktür. Rezonans durumunda elektrik tesislerinde bir çok hasarlar oluşur. Elektrik tesislerinde en çok rastlanan paralel rezonanstır. Paralel rezonans devre empedansı çok yükselir, bunun sonucunda yüksek genlikli gerilim harmonikleri oluşur. Kondansatör uçlarında yüksek gerilimler olduğundan kondansatörlerin dielektrik malzemesi delinir. Sistemi rezonansa getirecek harmonik bileşenlerin filtrelerle süzülmesi gerekir. Aşırı kompanzasyondan oluşacak rezonansı önlemek için münferit kompanzasyonun tercih edilmelidir. Veya merkezi kompanzasyonda sabit kondansatör bataryalarının gücü büyük seçilmemelidir. Tesise ilave edilecek endüktif ve kapasitif yükler olduğunda rezonans hesabı tekrardan yapılmalıdır. Harmonikli devrelerde rezonans, harmonik bileşenlerden birinde, kondansatör grupları ile sistem endüktansı arasında oluşur. Rezonans durumunda elektrik tesislerinde hasarlar oluşur. Tüketicie verilen enerji kalitesinde düşmeler gözükür. Enerji iletim hatlarında güç faktörünü yükseltmek için paralel kondansatörler bağlanır. Kondansatörler harmonik üretmezler, ancak sistemde endüktif karakter gösteren devre elemanları ile rezonans şartlarının oluşmasına sebep olurlar.

Pasif harmonik filtreler rezonans ilkesine göre çalışır. Öncelikle baskın olan harmonik bileşen ve sistemin paralel rezonans frekansı belirlenir. Belirlenen harmoniğin frekansına göre filtre tasarlanır. Pasif filtre çeşidine göre, harmonik frekansında veya harmonik frekans değerine yakın olmayan bir noktada rezonans oluşturur. Rezonans direncine göre harmoniklerin etkileri bastırılır.

KAYNAKLAR

- [1] Huang, Z., Cui, Y., W. Xu, W.(2007). Application of Modal Sensitivity for Power System Harmonic Resonance Analysis, IEEE Trans. on Power Systems, Vol: 22, No: 1, pp. 222-231, Feb.
- [2] Kocatepe, C. (2001). Elektrik Tesislerinde Harmonikler, Birsen Yayınevi, Kasım 2001, İstanbul.
- [3] Akbal, B. (2001). Fabrika Beslemelerinde Harmonik Ölçümü ve Filtre Tasarımı, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.

- [4] Acikgoz H., Kececioğlu O.F., Gani A., Tekin M., Sekkeli M. (2017). Robust control of shunt active power filter using interval type-2 fuzzy logic controller for power quality improvement. *Tehnicki vjesnik - Technical Gazette*, 24(2), 363-368.
- [5] Grady, M. (2005). *Understanding Power System Harmonics*, Chapter 5: Effects and Symptoms, University of Texas at Austin, June.
- [6] Adak, S. Cangi, H., 2014. Harmonik Bileşen İçeren Elektrik Tesislerinde Kondansatör Kayıpları, *3e ELECTROTECH*, sayı: 325,2014, Kasım, p:181-192.
- [7]Rüstemli, S., Cengiz, S.M., Dinçer, F., Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 2(1), 30-38, 2013.
- [8] Adak S., Cangi H., Yilmaz, A.S. (2018). Fotovoltaik Güç Sistemlerde Aktif Filtre ile Harmonik Bileşenlerin Süzülmesi. *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, ISSN: 2602-4136, Vol. 5, November.
- [9] Kilic U., Ayan K. (2016). Artificial bee colony algorithm based optimal reactive power flow of two-terminal HVDC systems, *Turkish Journal Of Electrical Engineering And Computer Sciences*, vol.24, pp.1075-1090.
- [10] Arifoğlu, U., *Matlab 9.1-Simulink ve Mühendislik Uygulamaları*, Alfa Yayıncılık, 964p. İstanbul-Turkey, 2016.
- [11] J. Arrillaga, C. N. (2003). *Watson, Power System Harmonics*, John Wiley & Sons Ltd, New York.
- [12] Wang, X., Blaabjerg, F., Chen, Z., Wu, W. (2013). Resonance analysis in the parallel voltage-controlled DG inverters,” in *Proc. IEEE APEC 2013*, pp. 2977-2983.
- [13] Xu, W., Huang, Z., Cui, Y., et al., (2005). Harmonic Resonance Mode Analysis, *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol: 20, No: 2, pp. 1182-1190, Apr.

TARİHİ MARDİN YAPILARINDA DIŞ CEPHE AYDINLATMASI

Dr. Hasan CANGİ

HasCan Mühendislik Bürosu, Mardin, Türkiye

Dr.Öğr. Üyesi Suleyman ADAK

Mardin Artuklu Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü

ÖZET

Tarihi yapıların cephe aydınlatılması yapıldığında bu yapıların ait olduğu dönem ile yapının mimari niteliklerinin çok iyi analiz edilmesi gerekir. Tarihi binalar iyi bir aydınlatma sistemi ile görselliği daha dikkat çekici bir hale getirilebilir. Modern teknolojiyle cephe aydınlatması ile yapıların özgünlükleri artırılabilirken, yanlış bir uygulamayla yapının tüm görsel dokusu, yapı özellikleri, varsa tarihi değerleri büyük zarar görebilir. Bu nedenle tasarım ve uygulama aşamasında mimari aydınlatmakriterlerinin doğru belirlenmesi ve bunların projelendirmeden başlayarak uygulamanın bitimine kadar doğru seçimlerin yapılması büyük önem arz etmektedir. Cephe aydınlatmasının uzun ömürlü ve verimli olması içinperiyodik bakım ve onarım çok önemlidir. Bunun yanı sıra kent sakinleri, aydınlatma armatürlerinin korunması konusunda bilinçlendirilmelidir. Bu çalışmada, tarihi Mardin yapıların aydınlatma tasarımlarıyla ilgili esaslar ile aydınlatmada LED armatürlerin kullanılmasının avantajları incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Dış cephe aydınlatması, Aydınlatma mühendisliği, Mimari aydınlatma, Tarihi binalar, LED aydınlatma.

FACADE LIGHTING OF HISTORICAL MARDIN BUILDINGS

Abstract

When the facade of historical buildings are illuminated, the architectural characteristics of the building and the period in which these structures belong, must be analyzed very well. Historic buildings can be rendered more attractive with a good lighting system. Facade lighting with modern technology can increase originality of the structure; with the wrong application structure features, and historic value of the structure can greatly be damaged. Therefore, determination of architectural lighting criteria when making design and application and to make right choices from beginning of the Project to the end of application is of very importance. Periodic maintenance and repair is very important for long life and efficiency of the facade lighting. In addition,

residents should be made aware of the protection of lighting armatures. In this study, the principles of lighting design of the historical Mardin buildings and the advantages of using LED luminaires in lighting were investigated.

Keywords: Facade lighting, Lighting engineering, Architectural lighting, Historical buildings, LED lighting.

1.GİRİŞ

Tarihi yapıtların aydınlatması, birçok fizyolojik ve fonksiyonel ihtiyaçlara cevap verdiği gibi, tarihi mekanın maddi ve manevi güzelliklerini ortaya çıkararak estetik duygulara da hitap eder. Tarihi, kültürel ve doğal değerlerin geceleri aydınlatılması, canlı ve büyümlü bir atmosferin oluşmasını sağlar. Özellikle dışarıdan şehre gelen yabancıların ilgisini çeker. Bu da turizme de katkı sağlar. Tarihi yapı aydınlatmasında ise özgünlük, estetik, çevre yapısı önemli mimari kriterli olmakla birlikte kullanılacak olan aydınlatma elemanlarının modern teknolojiye sahip olması, tarihi dokuya zarar vermemesi ve işletme maliyetinin düşük olması gerekir.

Tarihi binalarda yapılacak aydınlatmada estetik çok önemlidir. Gece yapının şeklinin mimari karakterinin doğru yansıtılması ve yapının yüklediği işlevin gerektirdiği görsel konfor koşullarını sağlamalıdır [1-3].Mimarının heyecan verici görevlerinden biri, tarihi bir binanın kullanım şeklini değiştirmek, yeni bir görüntü vermek ve tüm bunları yaparken köklerini muhafaza etmek ve hatta yeniden canlandırmaktır. Bu anlamda ışık son derece yardımcı bir araçtır.

2. ARAŞTIRMA

Tarihi yapıların aydınlatma tasarımı yaparken yapının cephe malzemesi ve rengi seçilecek aydınlatma elemanını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Yapı yüzeyinin taş, tuğla, ahşap veya mermer olması, renginin koyu ya da açık olması gibi faktörler malzemenin ışığı yansıtma özelliğini değiştirdiğinden kullanılacak aydınlatma elemanlarının ışık rengi ve şiddetinin de değişmesine neden olur [2-4]. Seçilen aydınlatma elemanlarının ışık rengi ve ışık şiddeti; yapıdaki cephe malzemesinin rengi ve cinsi ile orantılıdır. Şekil 1’de taşın rengini destekleyen cephe aydınlatması verilmiştir.



Şekil 1. Tarihi binada cephe malzemesinin rengi ve cinsi ile orantılı aydınlatma

Tarihi yapıların aydınlatılması ile ilgili en önemli noktalardan birisi de yapının özgünlüğünü bozmadan, aydınlatma sisteminin korumayı destekleyen bir unsur haline getirilerek yapının yapılan aydınlatma uygulamaları sonunda zarar görmemesi sağlanmalıdır [5, 6]. Bu sebeple seçilecek aydınlatma elemanları, enerji ve sinyal kabloları, montaj aparatları yapıya zarar vermeyecek ve çevresinde kötü bir görüntüye neden olmamalıdır. Tarihi eser aydınlatmasında önemli bir adımda seçilen aydınlatma elemanlarının niteliğidir [7, 8]. Aydınlatma tasarımında aydınlatma elemanlarının seçimi yapılırken yapının dokusuna zarar vermeyecek şekilde sekillmelidir. Şekil 2’de tarihi yapıların özgünlüğünü koruyarak yapılan aydınlatma.



Şekil 2. Tarihi yapıların özgünlüğünü bozmadan aydınlatılması

Genel olarak tarihi binaların dış cephe aydınlatması ile diğer yapıların dış aydınlatmasında benzer prensipler ve hassasiyetler var olmakla birlikte, tarihi binalarda bazı hususların özellikle dikkate

alınması gerekmektedir. Bir dış aydınlatma sisteminin kurulması çoğu durumda bir bina yüzeyine ekipman sabitlenmesini gerektirir. Bu durumda tarihi bir binaya yapılacak herhangi bir çalışmanın, tarihi dokuyu bozmamasına veya tahrip etmemesine mutlak önem gösterilmelidir. Şekil 3’te aydınlatma ekipmanının sabitlenmesi ile yapılan aydınlatma görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3. Tarihi binalarda sabit aydınlatma ekipmanı ile yapılan aydınlatma

Bundan dolayı, tarihi binayı en iyi şekilde gösterecek bir aydınlatma tasarımının kararları verilirken, aynı zamanda mümkün olan her yerde ve de mümkün olduğunca restorasyonda asgari müdahale ve geri dönüşüm ilkeleri göre yapılmalıdır. Tarihi binalarımızın birçoğu mimarlık ve mühendislik biliminin hayranlık uyandıran örnekler içermektedir. Birçoğu, ustalıkla planlanmış aydınlatma düzenleri ile çarpıcı bir şekilde gece hayata entegre edilebilir. Bununla birlikte, incelikli bir yaklaşımla tasarlanmamış uygulamalar, yapının asla görülmesini istemeyeceğimiz kusurları gizlenebilir. Bu seçenekte, ayrıntıları aydınlatmak için çoğunlukla cepheye yerleştirilen küçük, gizlenebilir aydınlatma armatürleri kullanılmalıdır.

Bir bina ya da yapının tarihi eser olarak listenmiş olması dış aydınlatma ile devam edilmesi için yeterli bir sebep olduğu anlamına gelmez. Bir tasarım ile ilerleme kararı alınmadan önce göz önünde bulundurulması gereken birtakım hususlar vardır. Bunlardan en önemlisi, aydınlatma yapılmasına dair gerçek ihtiyacın ne olduğunun altının çizilmesi ve bir sonraki işe, basit bir teknik yaklaşımın faydasız olacağının işin başlangıcında kabul edilmesidir. Genel olarak tarihi bir binanın dış aydınlatma tasarımının ana hedefleri şunlar olmalıdır;

- Binaya, ana mimari unsurları ile birlikte toplumsal ve tarihi önemini de vurgulayacak, bir boyut kazandırmak,
- Yerleşim bölgesinin gece gökyüzünü iyi bir şekilde gözlemleyebilmesine olanak sağlamak,
- Güvenliği destekleyerek bölgede gece ortamının kalitesini ve dolaşım konforunu artırmak,
- Yerel turizme fayda sağlayabilmek için bölgeye olan turistlerin yönelmesini artırmaktır.

Bu hedeflere ulaşmada estetik ve teknik yaklaşımlar oldukça önemli olacaktır ve kesinlikle sonucu etkileyecektir. Mesela, hassasiyet ve duyarlılıkla tasarlanmış incelikli bir dış aydınlatma, şehrin sembolü niteliğindeki bu yapılara ek bir yaşam ve algısalım getirebilir. Mimarının bir eklentisi olarak, yapının görsel kalitesini artırır, şeklini, renkselliğini ve formunu tamamlar. Böyle bir çalışma yapının ruhunu geri getirerek bölgenin tarihsel kimliğini ortaya çıkarır. Şekil 4'te şehrin sembolü niteliğindeki yapılarda yapılan aydınlatma verilmiştir.



Şekil 4. Mardin'in sembolü niteliğindeki tarihi binanın aydınlatılması

Tarihi yapıtlarda iyi tasarlanmış ve koordine edilmiş bir dış aydınlatma, doğru ekipman seçimi ile gerçekleştirildiğinde, ışık kirliliği gibi çevresel etkiler minimuma indirilebilir. Bir binanın tüm katmanlarının ve bölümlerinin aydınlatılması nadiren gereklidir ki zaten bazı kısımlar ya aydınlatma için uygun değildir ya da görüntülemeye elverişli değildir. Genel olarak, önemli yakın ile uzak gece-görüş bölümlerine odaklanmak doğru bir yaklaşım olacaktır. Bununla ilintili olarak,

gözlemcinin uzaklığı, bakış açısı ve konumu mutlaka tasarım süreci boyunca göz önünde bulundurulmalıdır.

Vurgulanması gereken mimari bir motifin aydınlatılmasına dikkat edilmelidir. Bütün binayı aydınlatmak yerine, üçgen alınlıklar, sütunlar, portikler veya nişler gibi seçilmiş mimari unsurları aydınlatılması daha iyi bir yaklaşım olacaktır. Buda mimari detayların algısını vesonuçtatakdirini artıracaktır.

Aydınlatma planlaması yapılırken çapraz aydınlatma, yukarı doğru aydınlatma ve arka plan aydınlatma prensiplerinin hepsi göz önünde bulundurulmalıdır, ancak özellikle yukarı doğru aydınlatma ışık kirliliği ve çevreye yayılan ışık anlamında sınırlı ve kontrollü olmalıdır. Tasarımlar görsel anlamda, ışık huzmelerinin sıkı kontrolü ile -mesela panjur ve perdeleme aparatları kullanarak- geliştirilebilir. Böylelikle, hedeflenen alanın dışındaki bölümlerde oluşacak istenmeyen ışık kaçışları ve/veya ikincil gölgeler engellenerek daha etkileyici ve nitelikli bir aydınlatma elde edilir.

Öncelikle, tüm ışıklıkların göze çarpmayacak özellikte, kurulumu ve bakımı kolay ve tarihi dokuyla uyumlu olması oldukça önemlidir. Aydınlatma tasarımı gece istenilen etkiyi verebilecek olsa bile, ışıklıklar etkili bir şekilde gizlenmemiş veya maskelenmemişse, aydınlatma düzeni tekrar gözden geçirilmelidir. Şekil 5'te tüm binanın aydınlatılması yerine mimari bir motifin aydınlatılması.



Şekil 4. Mimari bir motifin aydınlatılması

Bu tür aparatlar aynı zamanda gece gökyüzüne ışık saçılışını yani ışık kirliliğini azaltmaya da yardımcı olur. Bununla birlikte, özellikle boyut olarak büyük armatürlerdeki kullanımlar, armatürler saklanamadığı takdirde yapının gündüz görünümünü bozabilir. Bazı durumlarda, bina cephesinin dışından ışıklandırma bir çözüm olabilir; ışıklıklar yakınlardaki binalara veya sokak mobilyalarına yerleştirilebilir. Ayrıca, ağaçlar ve çalıların bulunduğu alanlar aydınlatma direklerini gizlemeye elverişli yerler olabilir. Önemli bir diğer nokta bitişikte başka tarihi yapıt varmı, çevreden gelen başka ışık var mıbu durumlar yapacağımız aydınlatmayı oldukça etkilemektedir.

Aydınlatma armatürleri tarihi binaların görünümünü korumak amacı ile ürünler yüzeyler ile aynı renkte boyanmış ve mümkün olduğunca oyuklara ve saksı arkalarına yerleştirilmelidir.Şekil 5’te tarihi binanın süsleme kısmının aydınlatılması görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5. Tarihi binada süslemelerin aydınlatılması

Kırsal alanlarda, çevre aydınlık seviyeleri düşük olduğundan, tarihi binaları aydınlatmada aydınlık seviyelerinin çok farklı olmaması için tarihi binayı aydınlatmak için daha az aydınlık

seviyeleri kullanılır. Bu genellikle aydınlatma tasarımlarında göz ardı edilen bir husustur. Oysa hem ilk yatırım maliyetini hem de enerji tüketimini azaltarak bakımından önemlidir. Tarihi bina büyüklük ve temizlik durumu aydınlatma hesaplarında dikkate alınmalıdır. Mevcut çevre aydınlatmasının yanı sıra, binanın yüzeylerinin yansıtma özellikleri de hesaba katılmalıdır. Ayrıca yapı malzemelerinin rengi ve ne ölçüde temiz oldukları göz ardı edilmemelidir.

Bir binanın yansıtıcı özelliği ne kadar fazla ise, daha az ve daha düşük güçte aydınlatma armatürüne ihtiyaç duyulacaktır. Aydınlatma, tarihi binaları kendine yuva yapmış bazı hayvanları (örneğin yarasa ve baykuşlar) etkileyebilir. Dolayısı ile önerilen dış aydınlatmanın bu hayvanları etkileyebileceği yerlerde, üreme, kış uykusu ve giriş/çıkış noktaları gibi konuları göz önünde bulundurarak bir etki değerlendirmesi yapılmalıdır. Bu değerlendirmede, ışık seviyelerinin yanı sıra, montaj ve bakım kaynaklı olabilecek etkiler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Işık kaynağı seçimi yapılırken, kaynağın ışıksal verimliliği dikkate alınması gereken en önemli etkenlerden biridir. Işıksal verimlilik ışık akısının harcanan güce oranı (lumen/watt) olarak tanımlanır. İyi bir (lumen/watt) oranına sahip bir ışık kaynağı daha az elektrik sarfiyatı istenilen aydınlık seviyelerini sağlayacaktır. Bu noktada dikkat edilmesi gereken bir başka konu ışık kaynağının kullanıldığı aydınlatma armatürünün verimliliğidir; ışık çıkış oranı olarak ifade edilir. Sistemin toplam verimliliği bununla ilgilidir. Günümüzde LED teknolojisindeki ilerlemelerden dolayı konvansiyonel ampullere göre çok daha verimli ürünler yapılmakta ve projelendirmelerde tercih edilmektedir. Led ile aydınlatmanın üstünlükleri:

- Basit bir devre ile dimmerlenebilirler.
- DC gerilimle çalışırlar. Doğrultucu kullanıldığında AC' de de kullanılabilirler.
- Düşük gerilim ile çalışırlar.
- Elektriksel şok tehlikesi yoktur.
- LED ışık kaynakları oldukça küçük boyutlarda olduklarından LED ışık kaynaklı armatürler çok farklı armatür şekillerinde üretilebilirler.
- Titreşime oldukça dayanıklıdır.
- DC gerilimle çalıştıklarından Fotovoltaik (PV) sistemlerle uyumludurlar.
- Maliyetleri konvansinoyel ışık kaynaklarına göre yüksektir.

- Farklı renk seçenekleri sayesinde tarihi binaların aydınlatmada kullanılırlar.

Işık kaynağı seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken bir başka konu da ışık kaynağının renk sıcaklığı (Kelvin değeri) ve renksel geriverim değerleridir. Binanın yüzey renklerini doğru göstermenin kritik olduğu durumlarda yüksek renksel geri verim değerli ışık kaynakları kullanılmadır. Renk sıcaklığı seçimi aydınlatma tasarımcısının uhdesindedir. Bununla birlikte, planlama yapılırken renk sıcaklığının bina malzemeleri üzerindeki etkileri hesaba katılmalıdır. Şekil 6’da tarihi yapıtın cephe aydınlatılması verilmiştir.



Şekil 6. Tarihi bir binanın cephe aydınlatması

Tarihi binaların aydınlatılmasında bölgedeki sokak aydınlatmasının hem rengini hem de seviyesini hesaba katılmalıdır. Gerekli durumlarda ilgili yerel yönetim ile görüşülerek sokak aydınlatmalarında değişiklikler talep edilebilir. Dış aydınlatmada tasarımında, etkiyi artırmak için, çevre aydınlatmasında kullanılan lambaların ışık renginden farklı bir seçime gidilerek kontrast oluşturulabilir. Bu da gerekli armatür sayısını ve elektrik gücünü düşürebilir. Ayrıca renksel geriverimin etkisini hayal etmek de zor olabilir, bu nedenle göz önünde bulundurulacak seçenekler ile saha denemelerinin yapılması yararlı olacaktır.

Aydınlık seviyeleri belirlenirken göz önünde bulundurulması gereken birçok etken vardır. Tarihi binanın bulunduğu alandaki çevre aydınlatması ve çevredeki diğer binaların aydınlatması mutlaka dikkate alınmalıdır. Aydınlik seviyesi belirlemede bir başka önemli unsur da bina yüzeylerinin yansıtma katsayılarının, mesela açık ve koyu tonlardaki malzemelerde farklıdır, tespit edilmesi olacaktır. Binanın bulunduğu yön ve yüzey yansıtma katsayıları doğru olarak tespit edildikten sonra, ortamdaki aktivite yoğunluğu belirlenmelidir. Burada sınıflandırmayı yüksek aktivite, orta aktivite ve düşük aktivite olarak sınıflandırılabilir. Aydınlik seviyeleri aktiviteye bağlı olarak sırasıyla yüksekten düşüğe doğru olacaktır. Şekil 7’de tarihi bir yapıtın yüksek aktivitede aydınlatılması verilmiştir.



Şekil 7. Tarihi bir binanın yüksek aktivitede aydınlatılması

Tüm bu etkenlere bağlı olarak aydınlatma seviyelerine karar verilirken, planlanmış olan aydınlatmaya ulaşmak için gereken ışık miktarı kesinlikle limitlerinde kullanılmalıdır. Tasarım aşamasında unutulmaması gereken bir başka kritik nokta ise önemli mimari unsurlar ile yapının geri kalanı arasında görsel hiyerarşinin oluşturulması olacaktır. Sonuç olarak, aydınlık ya da karanlık algı ile ilgilidir. Düşük aydınlatma seviyelerinin olduğu bir bölge ile aydınlatma seviyelerinin yüksek olduğu bir bölgede aynı bina aydınlatması farklı sonuçlar doğuracaktır.

Dış aydınlatmada kontrol sistemlerinin kullanılması hem enerji tasarrufu anlamında, farklı zaman dilimlerinde farklı aydınlık seviyeleri uygulaması ile, hem de çeşitli aydınlatma senaryoları oluşturma da önemli avantajlar sağlayabilir. Bahsedilen zaman dilimleri mevsimsel olarak ve de

aktivite yoğunluğuna bağlı olarak belirlenir. Çevre aktivitesinin düşük olduğu geç saatlerde aydınlık seviyeleri düşürülebilir veya sadece bazı bölümlerin aydınlık kalacağı farklı senaryolar oluşturulabilir.

Mimari aydınlatma, binanın gündüz görüntüsünü vermek için değil, çok daha farklı ve seçici bir görünüm sunmak için tasarlanmalıdır. Bu tür aydınlatmalarda mimari özellikler ve detaylar ışıksal verimliliği yüksek mini projektörler ve doğrusal aydınlatma armatürleri ile gerçekleştirilebilir. Bununla beraber, uygulama bina üzerinde olacağı için, montaj dokuya zarar vermeyecek şekilde dikkatlice planlanmalıdır. Bu seçimde renkli ışık, hareketli aydınlatma şablonları veya yansıtılmış görüntüler üretmek için teatral tarzda aydınlatma armatürlerinden faydalanır. Dinamik aydınlatma kullanımı sınırlıdır; daha çok binanın düz ve sade olduğu yerlerde özel günler ve kutlamalar için uygulanır. Kalıcı bir dinamik gösterim hızlı bir şekilde sıkıcı olabilir, bu yüzden kısa süreler için dinamik aydınlatma kullanmak gerekir. Daha fazla ışığın suçu kesin olarak azaltacağı veya ortadan kaldıracağı görüşü genellikle dış aydınlatma gereklidir. Bununla birlikte kriterlere uygun bir şekilde yapılmış bir dış aydınlatma, suça karşı caydırıcı olabilir ve yayalarda güvenlik hissini artırarak suça maruz kalma korkularını hafifletilebilir. Ancak kötü konumlandırılmış veya yanlış yönlendirilmiş ışıklar yoldan geçen kişilerin gözlerinde yoğun kamaşma oluşturması neticesinde derin gölgeli alanlar yaratabilir ki bu da suça maruz kalma endişesini artıracaktır. İyi konumlandırılmış ve yönlendirilmiş armatürler, aşırı aydınlatmaya nazaran suçluları caydırmak için daha etkili olabilir.

Dış aydınlatma uygulamasında eğer ürünler binaya monte edilecekse çok daha dikkatli olunması gerekir. Dikkatlice düşünülmeden yapılan uygulamalarda armatürler cephenin görünümünü bozmakla kalmaz aynı zamanda montajları yapının dokusuna kalıcı zararlar da verebilir. Ürünün yeri belirlenirken her zaman üzerine monte edileceği malzeme dikkate alınmalıdır. Gereksiz tahribattan kaçınmak için, delme işlemi taş ve tuğla yerine derzlere yapılmalıdır.

Aydınlatma bakımı, bina onarım ve bakım planlanması yapılmalıdır. Donanımların kontrol edilip temizlendiği ve arızalı armatürlerin ve lambaların değiştirildiği düzenli kontroller yapılmalıdır. Erişim zor ve pahalıysa, bakımın düzenli olması daha az olasıdır. Aydınlatma armatürlerine ulaşmak için özel ekipman veya personel gerekiyorsa, lambaları değiştirmek veya temizlemek daha zorlayıcı olacaktır.

3. SONUÇ

Dış aydınlatmada bina yüzeyinde iyi bir ışık dağılımı elde etmek için aydınlatma armatürler binadan uzağa yerleştirilmeli ve mimari özelliklerin gün ışığında olduğu gibi görünmesi için konumlandırılır. Bu en başta bina önünde bir alan bırakılması anlamına gelir ki bu da binaya giren ve çıkan insanları rahatsız etmemesi için armatürlerin çok dikkatle yerleştirilmesi gerekir. Bu düzenleme büyük binalar için başarılı olabilir, ancak daha küçük ve sıkışık mekanlarda uygun olmayabilir. Böyle durumlarda ürünler yere gömülerek ya da bir mahfaza içine yerleştirilerek kullanılabilir veya yakındaki binaların üzerine yerleştirilebilir.

Tarihi yapıların aydınlatılmasında yapıya derinlik katarak ve mümkün olduğunca yüzeyleri ve malzemeleri ayırt ettirerek bu görkemli yapıyı güçlendirmek ve tanımlamak gerekir. Tarihi yapılarda iyi bir dış aydınlatma sonucunda bölgenin cazibesini arttıracak ve akşam saatlerinde de ziyaret edilmesini teşvik edecektir.

Enerji tüketimi LED ürün kullanımı ve farklı zaman dilimlerinde uygulanan opsiyonel aydınlatma senaryoları ile minimize edilebilir. Gece ışık senaryosu gökyüzünü koruyarak güzel ve duyarlı bir denge oluşturulur.

Işık ve gölge kullanımı tarihi yapıya form ve tanım veriyor. Çeyrek kubbeler gölgede bırakılarak kubbe altı pencereler belirginleştirilebilir. Büyük pencereler dar açılı ışık huzmeleri ile tanımlanarak aralarında keskin karanlık yüzeyler oluşturulabilir. Aydınlatılan yüzeyler arasında ahenk sağlayabilmek için farklı optikler ve güçlerde ışıklıklar kullanılır. Tarihi yapının yansıtıcı özelliği ne kadar fazla ise, daha az ve daha düşük güçte aydınlatma armatürüne ihtiyaç duyulacaktır.

Dış aydınlatma, çeşitli bitki ve hayvanlar için son derece rahatsız edici olabilir. Aşırı ışık, doğal yaşam ve üreme ritimleri bozarak yarasa, kurbağa, kertenkele ve bazı kuşlar gibi geceleri aktif yaşayan türlerin yaşamları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir. Işık aynı zamanda baykuşlar gibi gece avlanan kuşlarının beslenme ortamlarını da etkileyebilir. Ayrıca diğer kuşları, yanlış gündoğumu etkisi ile uyku düzenlerini bozarak, tehlikeye atabilir. Hayvanların yanı sıra ağaçlar ve gece haşaratları da etkilenir. Birbirine bağımlı ve ilişkili ekosistemlerinin etkilenmesi doğal mevsimsel varyasyonları bozabilir. Güveler gibi böceklerin sayısının azalması, kuş ve hayvanların besin arzını azaltır.

İyi bir aydınlatma tasarımı hassas bir denge gerektirir. Zihinde canlandırılan aydınlatma ve bunun devamında yapılan 2 boyutlu çalışmalar kimi zaman uygulamada başarılı sonuçlar vermeyebilir. Yüzey aydınlık seviyeleri arasındaki harmoni, seçilen renk sıcaklıklarının yüzeyler üzerindeki etkileri ve başarılı kontrastlar oluşturulması iyi bir 3D modelleme üzerinden alınan foto-realistik görseller sayesinde önceden tasarlanıp görülebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Udayan J.D., H. S. Kim, H.S. (2016). Constrained procedural modeling of real buildings from single facade layout, *Int. J. Comput. Vis. Signal Process.*, vol. 6, no. 1, pp. 33–46.
- [2] Köşkülük. N. (2001).Şehirsel Değerlerin Aydınlatılması İtalya’dan Uygulama Örnekleri, IV.Ulusal Aydınlatılma Sempozyumu sayı:P.110-102 .
- [3] Demiröz, Y.,Acarkan, B. Tarihi Yapılarda Dış Cephe Aydınlatması Ve Galata Kulesi Uygulaması, http://www.emo.org.tr/ekler/e118e022026eecf_ek.pdf.
- [4] Udayan, D.J., Lee, E.D., Kim, S.H. Kim, I.J. (2014). An approach for 3D building model retargeting based on structural inference, in *Proc. Korea Comput. Congr. (KCC)*, 2014, pp. 1300–1302.
- [5]Alpaslan, (2015). Kentsel Yaşamda Aydınlatmanın Önemi ve Aydınlatma Problemlerinin Tespiti: İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [6] Şahin, A. (2011). Kentsel Aydınlatma İlkelerinin Üsküdar Örneğinde İncelenmesi ve Bir Öneri , Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [7] Özkaya, M. (2000). AydınlatmaTekniği’ İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi, BirsenYayınevi.
- [8] Onuk, N. T. (2008). Kentsel Dış Mekanların Aydınlatılması Kapsamında Işık Kirliliğinin İrdelenmesi, İstanbul TeknikÜniversitesi, İstanbul.