

MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

Editör

Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL



MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARI

EDİTÖR

Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL

YAZARLAR

Mahir UZUN

Mehmet Sinan ÇETİN

Öğr. Gör. Dr. Erdal ÇILGIN

Dr. Arş. Gör. İpek ATİK

Serhat ERTAN

Veli Yasin OĞUZ

Dr. Öğr. Üyesi Musa ÇADIRCI

Öğr. Gör. Ömer BİLGİNER

Bedriye Başak SELÇUK

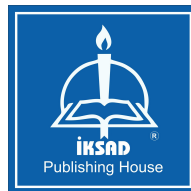
Prof. Dr. Mehmet Metin KÖSE

Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL

Dr. Öğr. Üyesi Salih Hakan YETGİN

Associate Professor İdil AYÇAM

Research Assistant Burcu Buram ÇOLAK



Copyright © 2020 by iksad publishing house

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law.

Institution of Economic Development and Social Researches Publications® (The Licence Number of Publiator: 2014/31220)

TURKEY

TR: +90 342 606 06 75

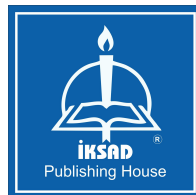
e mail: uluslararasikitap@gmail.com

www.iksad.net

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules. Iksad Publications – 2020©

ISBN:978-625-7914-45-1

March / 2020 Ankara / Turkey



İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

KESME VE DONATI SIYRILMASI DEFORMASYONLARININ BİNA DAVRANIŞINA ETKİSİ

Bedriye Başak SELÇUK

Prof. Dr. Mehmet Metin KÖSE.....Sayfa 1

Bölüm 2

EVALUATION OF MULTI-STOREY OFFICE BUILDINGS IN THE CONTEXT OF ECOLOGICAL CRITERIA

Associate Professor İdil AYÇAM

Research Assistant, Burcu Buram ÇOLAK.....Sayfa 21

Bölüm 3

PROPANOL-BİYODİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ İÇTEN YANMALI DİZEL MOTORLARDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Öğr. Gör. Dr.Erdal ÇILGIN.....Sayfa 42

Bölüm 4

GAZİANTEP’TE KAMPÜS İÇERİSİNDE KURULMASI PLANLANAN 1KW GÜCÜNDE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ EKONOMİK ANALİZİ

Dr. Arş. Gör. İpek ATİK.....Sayfa 57

Bölüm 5

SİKLOİD, EPİSİKLOİD, EVOLVENT EĞRİ YÜZEYLİ PARÇALARIN MODELLENMESİ VE FREZELENMESİNDE OPTİMUM İŞLEME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Mahir UZUN

Mehmet Sinan ÇETİN.....Sayfa 72

Bölüm 6

1D SCAPS KULLANARAK $CH_3NH_3SNi_3$ BAZLI PEROVSKİTE GÜNEŞ HÜCRELERİNİN SAYISAL ANALİZİ VE OPTİMİZASYONU

Serhat ERTAN

Veli Yasin OĞUZ

Dr. Öğr. Üyesi Musa ÇADIRCISayfa 90

Bölüm 7

YÜKSEKLİK BELİRLEME TEKNİKLERİNİN DOĞRULUK ANALİZİ

Ömer BİLGİNER.....Sayfa 104

Bölüm 8

CAM ELYAF TAKVİYELİ POLİ-ETER-ETER-KETON KOMPOZİTİN TRİBOLOJİK PERFORMANSLARINA KARŞI DİSK MALZEMELERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL

Dr. Öğr. Üyesi Salih Hakan YETGİN.....Sayfa 110

BÖLÜM1

**KESME VE DONATI SIYRILMASI
DEFORMASYONLARININ BİNA
DAVRANIŞINA ETKİSİ**

**Bedriye Başak SELÇUK
Prof. Dr. Mehmet Metin KÖSE**

KESME VE DONATI SIYRILMASI DEFORMASYONLARININ BİNA DAVRANIŞINA ETKİSİ

THE EFFECT OF SHEAR AND BOND-SLIP DISPLACEMENTS IN BUILDING BEHAVIOR

Bedriye Başak SELÇUK

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Mehmet Metin KÖSE

Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

1. GİRİŞ

Dünyanın birçok yerinde olduğu gibi ülkemizde de mevcut betonarme yapılar gerek teknik mevzuat gerekse yanlış uygulamalar sebebiyle büyük depremlerin etkisinde hasara ve çökmeye karşı zayıftır. Bu mevcut yapıların depremi karşılamadaki yetersizliği yaşanan depremler sonrasında görülmüştür.

Kirişlerin zarar görmesi sadece hasar görmüş kirişin çevresindeki bölgeyi etkilerken, kolonun hasarı binanın çökmesine neden olabileceğinden dolayı deprem tasarımı güçlü kolon-zayıf kiriş felsefesini kabul etmektedir. Binaya iletilen deprem enerjisinin çoğunluğunun taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile sönmülenebilmesi istendiğinden bilhassa düşey taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların tasarımı yapılırken sünek tasarım ilkeleri göz önünde bulundurulmalı ve uygulanmalıdır.

Yüklemenin büyük oranda artmasıyla birlikte akmaya ulaşan kesitlerde süneklik sayesinde, plastik deformasyonlarla enerji alınır ve iç kuvvetlerin zorlanma oranı daha az olan kesitlere dağılması sağlanır. Enine donatı miktarının ve boyuna donatı oranının yeterli olması kolonda sünekliği artırır ve bu da kolonda yanıl deprem yüklerine direnmeyi ve yeterli kesme kuvvetini sağlar.

Yanal yükler etkisi altında olan betonarme kolonlarda, eğilme, kesme ve donatı sıyrılması deformasyonları oluşmakta olup bu 3 deformasyon bileşenin toplamı kolonun yanıl deformasyonuna eşittir. Eğilme momentinden dolayı kolonda eğilme deformasyonu meydana gelir. Kolon bir momente maruz kaldığında kolon ucundaki boyuna donatı, momenti oluşturan kuvveti ankraj bölgesindeki komşu betona aktarmak için uzayacak ya da sıyrılacaktır. Bu uzama veya sıyrılmanın sonucunda kolonda rijit-cisim dönmesi oluşacaktır. Ayrıca yanıl kuvvetin etkisiyle kolonda kesme deformasyonu meydana gelecektir.[1]

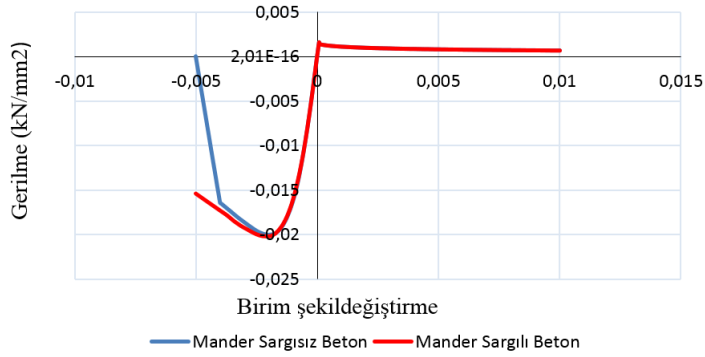
Bu çalışmada, kesme ve donatı sıyrılması deformasyon bileşenlerinin toplam yanıl deformasyona katkıları ve ayrıca mevcut yapıların deprem performansı bakımından değerlendirmesi ele alınmıştır.

2. MALZEME MODELLERİ

2.1 Beton Modeli

Çalışmada beton malzemesinin basınç davranışı modeli için SAP2000 Mander Beton modeli [2], çekme davranışı için ise çekme altındaki beton için, Vecchio ve Collins [3] tarafından geliştirilen model kullanılmıştır. Betonun gerilme- Şekil değiştirme ilişkisi betonun enine donatı ile sarılması ve sarılmaması durumuna göre değiştiğinden dolayı beton sargılı ve sargısız olmak üzere iki kategoride incelenmektedir. Mander sargısız beton modelinde, beton maksimum gerilmeye ulaştığında oluşan birim şekil değiştirme (ϵ_{co}) 0.002 alınmış olup sargısız beton eğrisi ($2\epsilon_{co}$) 0.004 değerine ulaştıktan sonra kabuk betonunun döküldüğü varsayılarak doğrusal bir şekilde nihai birim şekil değiştirme değerine ulaşır ve eğri (ϵ'_{cu}) 0.005 değerindeyken beton dayanımı sıfır olur.[4]

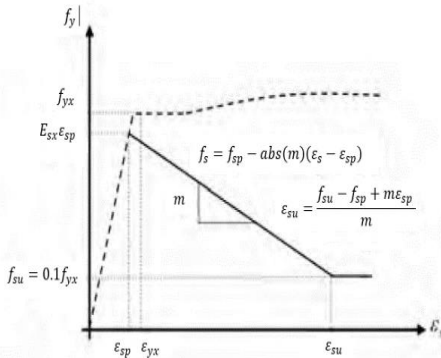
Çalışmada kullanılan beton modelleri Şekil 1' de gösterilmektedir.



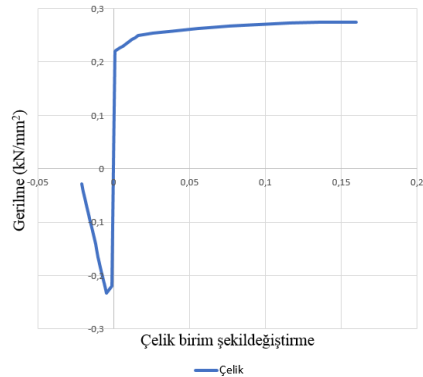
Şekil 1. Sargılı ve Sargsız beton modeli

2.2 Çelik Modeli

Çalışmada donatı çeliği çekme modeli için pekleşmeli model esas alınmıştır. Donatı çeliğinin davranışı, üç bölge tanımlanarak oluşturulmuştur. Bunlar; elastik davranış, akma platosu ve doğrusal olmayan birim şekil değiştirme-pikleşme bölgeleridir. Donatı modelini hesaplarken TBDY 2018' de [5] verilen denklemler ve S220 donatı çeliği için gerekli veriler kullanılmıştır. Ancak TBDY' de akma bölgesi sabit verilmiş olup bu çalışmada SAP2000 [6] 'de modelin iterasyon girebilmesi için akma bölgesinde elastik bölgedeki elastisite modülünün % 1 i kadar bir eğim verilmesi gerek olduğundan $\alpha = 0,01$ katsayısı bu bölgedeki denklemin katsayısı olarak kullanılmıştır. Çelik basınç modeli Şekil 2' de gösterilen basınç çubuklarının burkulma modeli kullanılmıştır (Inoue & Shimizu). Bu çalışmada kullanılan çelik modelleri Şekil 3' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Basınç çubuklarının burkulma modeli



Şekil 3. Çelik Basınç-Çekme davranış modeli

Eğimi hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır;

$$m = 100\varepsilon_{yx} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 0.005\lambda^2}} - 1 \right) E_{sx} \lambda = \frac{\alpha s_h}{i_r} \quad (1)$$

Burada; ε_{yx} : boyuna çubukların akma şekildeğiştirilmesi, E_{sx} : boyuna çelik için elastisite modülü, α : orta çubuklar için 0.5, köşe çubuklar için 1, s_h : üzengi veya aralığı, i_r : boyuna çubuğun dönme yarıçapıdır.

3. DEFORMASYON MODELLERİ

3.1 Eğilme deformasyonu

Betonarme bir kesitin eğilme tepkisi, Bernoulli denklemini kullanan moment eğriliği analizi uygulanarak hesaplanabilir. Moment- eğrilik analizinin daha doğru sonuç verebilmesi için her malzemenin doğrusal olmayan yapısal davranış modelleri kullanır. Bu çalışmada moment- eğrilik grafikleri SAP2000 programından elde edilmiştir.[2] Kolon ucuna uygulanan yanal yük etkisi ile eğilme deformasyonuna bağlı olarak oluşan yanal yerdeğiştirme Δ_f , eğrilik dağılımının kolon yüksekliği boyunca integrali alınarak aşağıdaki gibi hesaplanır;

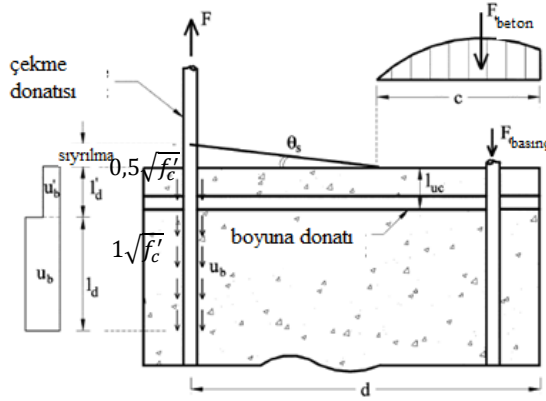
$$\Delta_f = \int_0^L \phi(x) x dx \quad (2)$$

burada $\phi(x)$ eğrilik dağılımı, x kolon eksen boyuna ölçülür ve L kolon yüksekliğidir.

3.2 Donatı sıyrılması deformasyonu

Betonarme bir kolon, eğilme momentine maruz kaldığında donatı çubuğunda gerilme meydana gelir. Bu gerilme, donatı çubuklarının gömülmüş uzunluğunda toplanır ve böylece donatı çubuğunun gömüldüğü betona doğru uzamasına veya kaymasına neden olur. Bu uzama donatı sıyrılması olarak bilinir ve kolonun rijit dönmesine yol açar. Moment-eğrilik analizi kullanılarak hesabı yapılabilen eğilme deformasyonları, donatı sıyrılmasıyla oluşan yanal deformasyonları hesaplama yaparken kullanmaz. Toplam yanal deformasyonun bir başka bileşende donatı sıyrılması deformasyonlarıdır. Bundan dolayı, donatı sıyrılması deformasyonlarının hesabı ayrı yapılmalı ve betonarme bir yapının toplam dönmesi hesaplanırken eğilme ve kesme deformasyon bileşenlerine eklenmelidir. Bu çalışmada, donatı sıyrılmasından kaynaklanan yanal yerdeğiştirme Şekil 4’ de gösterilen model ile hesaplanmıştır. Aderans gerilmesinin değeri; elastik aralıktaki çelik

davranışı için $u_b = 1\sqrt{f'_c}$ (MPa), elastik olmayan aralıktaki çelik davranışı için $u'_b = 0,5\sqrt{f'_c}$ (MPa) olarak alınmıştır. [7]



Şekil 4. Aderans-sıyrılma modeli için şekil değiştirme ve kuvvet dağılımları

Donatı çubuğunun yük etki eden ucunda oluşan sıyrılma, iki-aşamalı şekil değiştirme dağılımının, gelişme uzunluğu boyunca integrali alınarak;

$$\text{sıyrılma} = \int_0^{l_d+l_d'} \varepsilon(x) dx \quad (3)$$

burada $l_d = f_s d_b / 4u_b$ ve $l_d' = (f_s - f_y) d_b / 4u_b'$ çubuğun elastik ve elastik olmayan bölge için gelişme uzunluklarıdır.

Denklem 4'ün integrali alınarak donatı çubuklarının uzaması veya sıyrılmasıyla ilgili denklemler oluşturulur:

$$\begin{aligned} \text{sıyrılma} &= \frac{\varepsilon_s f_s d_b}{8u_e} & \varepsilon_s \leq \varepsilon_y \\ \text{sıyrılma} &= \frac{\varepsilon_y f_y d_b}{8u_e} + \frac{(\varepsilon_s + \varepsilon_y)(f_s - f_y) d_b}{4u_e'} & \varepsilon_s > \varepsilon_y \end{aligned} \quad (4)$$

burada ε_s : çubuğun yüklü ucundaki yerdeğiştirme, ε_y : çelik akma yerdeğiştirmesi, f_s : çubuğun yüklü ucundaki gerilme, f_y : çelik akma

gerilmesi ve d_b donatı çubuğunun çapıdır. Donatı sıyrılması sadece çekme çubuklarında meydana gelir ve şekilde gösterildiği gibi nötr eksenin dönmesine neden olmaktadır. Donatı sıyrılmasının neden olduğu dönme aşağıda verilen denklem ile hesaplanabilir:

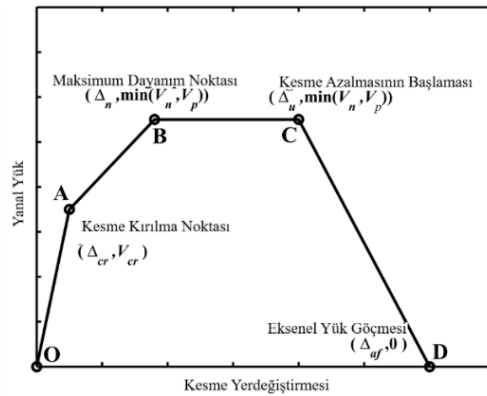
$$\theta_s = \frac{\text{sıyrılma}}{d - c} \quad (5)$$

burada d ve c : çekme çubuğunun ve nötr eksenin asal basınç lifinden merkeze olan mesafeleridir. Bir konsol kolonunun serbest ucundaki donatı sıyrılmasının neden olduğu yanal yerdeğiştirme, kolon uzunluğundan L ve sıyrılma dönmesi θ_s den hesaplanabilir [7] :

$$\Delta_s = \theta_s L \quad (6)$$

3.3 Kesme deformasyonu

Betonarme kolonlarda oluşan kesme şekil değiştirmeleri tam olarak anlaşılabilmesi ve ölçülmesinin zor olması nedeniyle tasarım ve araştırmada geleneksel olarak göz ardı edilmiştir. Diğer deformasyon bileşenlerinden bağımsızdır. İyi tasarlanmış betonarme bir kolon için, kesme deformasyonları çoğu zaman toplam deformasyonların %5- %15 'i arasındadır.[8] Bunun aksine sismik tasarım kurallarına uyulmadan tasarlanmış betonarme kolonlarda, kesme davranışı kolonun ana göçme kriteri olabilir. Bu tür kesme durumunda kritik olan betonarme kolondaki kesme şekil değiştirmesi toplam şekil değiştirmeye göre büyük oranda katkı sağlayabilir ve bundan dolayı şekil değiştirme kapasitesinin doğru bir şekilde analizi yapılmak istenirse göz ardı edilmemelidir. Bu araştırmadaki kesme modeli için Sezen [9] tarafından önerilen kesme modeli kullanılmıştır. Bu model Şekil 5' de verilmektedir.



Şekil 5. Yanal yük-kesme modeli

Model 5 noktadan oluşmakta olup birinci nokta (0,0) değerlerine sahiptir. İkinci nokta kesme kırılma noktası olup Sezen [9] kesme kırılma mukavemeti denklemini regresyon analizi sonuçları kullanılarak aşağıdaki gibi önermiştir;

$$\Delta_{cr} = \frac{V_{cr}L}{GA_g} \quad \text{ve} \quad = \left(\frac{P}{2f'_c A_g} + 0.10 \right) \frac{V_{v,cr} GA}{L} \quad (7)$$

$$G = \frac{E_c}{2(1 + \mu)} \quad \text{ve} \quad E_c = 5000\sqrt{f'_c} \quad (8)$$

burada E_c :beton elastisite modülü, μ poisson oranıdır ve 0,30 olarak alınmıştır. G betonun kesme modülüdür. P : Eksenel yük, A : kesitin alanı, L : kolonun yüksekliğidir. Hesaplamalarda kullanılan yukarıda verilen denklemlerin birimi mm ve MPa cinsindedir.

Üçüncü nokta maksimum dayanım noktası (V_n) olup betonun ve etriye donatısının kesme mukavemeti direncine etkilerinin toplamından elde edilir;

$$= \left(\frac{V_c}{a/d} \sqrt{1 + \frac{P}{0.5\sqrt{f'_c} A_g}} \right) 0.8A_g \quad \text{ve} \quad V_s = \left(\frac{A_{sp} f_{yw} d_c}{s} \right) \quad (9)$$

$$\gamma_n = \frac{1}{5000} \frac{f_{yl} \sqrt{\rho_l}}{(a/d) \sqrt{A_g f'_c}} - 0.0004 \quad \text{ve} \quad \Delta_{v,n} = \gamma_n L \quad (10)$$

Denklemlerde; a : kesme açıklığı, d_c : etkili kesit derinliği, A_g : kesit alanı, f_{yw} : enine donatı akma dayanımı, s : enine donatı aralığı ve k maksimum deplasmanın akma deplasmanına oranı olan deplasman sünekliliği ile ilgili bir faktördür. k değeri, 0.7 ile 1.0'a değişir. Dördüncü nokta kesme dayanım azalmasının başladığı noktayı ifade etmekte olup bu nokta, Gerin ve Adebar [10] tarafından tanımlanmaktadır;

$$\gamma_u = \left(4 - 12 \frac{v_n}{f'_c} \right) \gamma_n \quad \text{ve} \quad \Delta_{v,u} = \gamma_u L \quad (11)$$

burada v_n : tepe dayanımındaki kesme gerilmesidir. (V_{peak}/bd)

Son nokta eksenel yük göçme noktasıdır. Eksenel yük göçmesinde yapıya etki eden yanal kuvvet olmadığı (yanal kuvvet=0) kabul edilir. Kesme yer değiştiği aşağıdaki formülasyonlar ile hesaplanmaktadır;

$$\Delta_{v,f} = \Delta_{ALF} - \Delta_{f,f} - \Delta_{s,f} \geq \Delta_{v,n} \quad (12)$$

$$\frac{\Delta_{ALF}}{L} = \frac{4}{100} \left[\frac{1 + \tan^2 \theta}{\tan \theta + P \left(\frac{s}{A_{sp} f_{yw} d_c \tan \theta} \right)} \right] \quad (13)$$

burada $\Delta_{f,f}$:Eksenel yük göçme noktasında oluşan eğilme deplasmanı, $\Delta_{s,f}$: Eksenel yük göçme noktasında oluşan sıyrıma deplasmanı, Δ_{ALF} eksenel yük göçmesindeki toplam yerdeğiştirme, θ kesme kırılma açısı olup 65 derece olduğu kabul edilir.

3.4 Toplam deformasyon

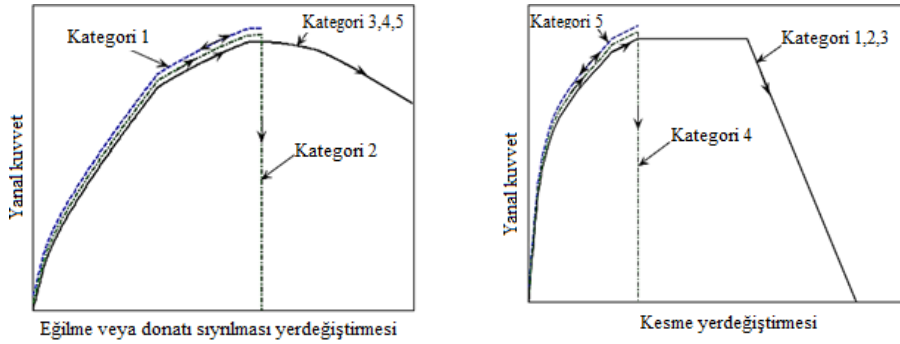
Kolon ucunda oluşan kesme, donatı sıyrılması ve eğilmenin neden olduğu yanal deformasyonların toplamı, yanal yüklerin etkisinde kalan betonarme kolonların toplam yanal deformasyonuna eşittir. Tepe öncesi yapı davranışı için, toplam deformasyonun bulunabilmesi amacıyla donatı sıyrılması, eğilme ve kesme deformasyonlarının her biri yapıya eklenmelidir. Tepe sonrası davranışlarda kolon; eğilme, akma ve kesme mukavemetinin karşılaştırılmasıyla belirlenen beş kategoriden birine göre sınıflandırılır. Her bir deformasyon bileşeninin kombinasyonu kategori sınıfına göre Şekil 6 ile belirlenir. [11]

3.5 Kategori Sınıflandırması

Kategori sınıflandırılması yapılırken, kesme dayanımı (V_n), eğilme dayanımı (V_p) ve akma dayanımı (V_y) aşağıda belirtilen aralıklara göre karşılaştırılır. Kesme dayanımı (V_n), betonun ve etriye donatısının kesme mukavemeti direncine etkilerinin toplamından elde edilir.

Kategori-1 ($V_n < V_y$) kolonları için, kesme mukavemeti akma mukavemetinden az olup kolonlar, eğilmede elastik davranış gösterirken, kesmeden dolayı geçer. Kategori-2 kolonları için, kesme mukavemeti, akma dayanımından daha büyük ama eğilme dayanımından azdır ($V_y \leq V_n \leq 0.95V_p$) ve kolon kesmede zayıf kalır, ancak kesme göçmesinden önce meydana gelen elastik olmayan eğilme deformasyonu tepe sonrası davranışı etkilemektedir. Kesme deformasyonları, tepe kesme kuvvetine ulaşıldıktan sonra artmaya devam eder, fakat eğilme ve kesme

mafsalları, tepe mukavemet değerlerinde kilitlenir. Kategori-3 kolonları için, kesme ve eğilme dayanımı neredeyse eşittir ($0.95V_p \leq V_n \leq 1.05V_p$). Kesme ve eğilme geçmesinin aynı zamanda gerçekleştiği kabul edilir ve her iki mekanizma da tepe sonrası davranışa katkı sağlar. Kategori-4 ($1.05V_p < V_n \leq 1.4V_p$) kolonları için, kesme mukavemeti eğilme mukavemetinden daha büyüktür ve kolon eğilme sırasında göçebilir, ancak büyük kesme deformasyonları pik sonrası davranışı etkiler ve yer değiştirmeler arttıkça kesme başarısızlığı meydana gelebilir. Kategori-5 ($V_n > 1.4V_p$) kolonları için, kesme dayanımı eğilme dayanımından çok daha büyüktür ve kolon kesme davranışında elastik kalırken, eğilmeden kaynaklı olarak göçer. [11]

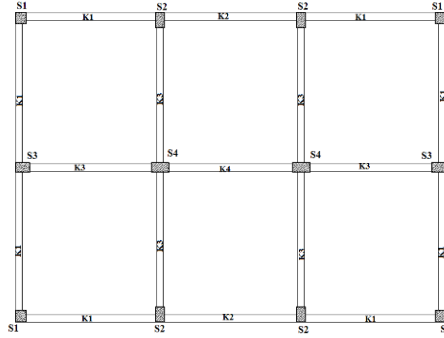
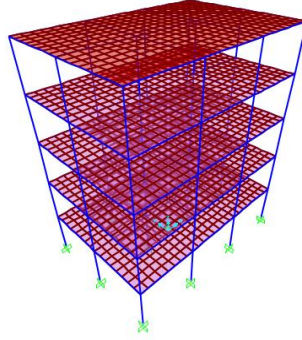


Şekil 6. Her kategori için eğilme, donatı sıyrılması ve kesme davranış modeli (Lodhi S.,2010)

4. ANALİTİK MODEL

Bu bölümde 1975 yönetmeliğine göre tasarlanmış konut türü bir betonarme yapının TBDY 2018' e göre performans düzeyinin belirlenmesi anlatılmaktadır. Pushover analizinin daha iyi bir şekilde anlaşılabilmesi için parametrik çalışmalar yapılmıştır. Sisteme deprem yükü, sabit yük ve hareketli yük etmektedir. Yapı taşıyıcı sistemi x yönünde 4 eksen, y yönünde 3 eksenenden oluşmaktadır. Eksenler arası mesafeler eşit olup 4m ve kat yüksekliği 3m dir. Yapının beton sınıfı C20 ve donatı çeliği S220 ' dir. Beton modeli olarak Mander Beton modeli ve çelik modeli için TBDY 2018 ' deki pekleşmeli model esas alınmıştır. TBDY 2018' e göre doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi (Pushover) kullanılarak üç boyutlu betonarme yapı x ve y yönünde SAP2000 programında çözüm yapılmış ve performans düzeyleri belirlenmiştir. Şekil 4.1 de SAP2000 Yapı modeli gösterilmektedir. Kolon

ve kiriş boyutları ile içindeki donatı bilgisi Tablo 1 ve Tablo 2' de verilmiştir.



Şekil 7. SAP 2000 Üç Boyutlu Yapı Modeli ve kalıp planı

Tablo 1. Kolon Boyutları ve donatı bilgisi

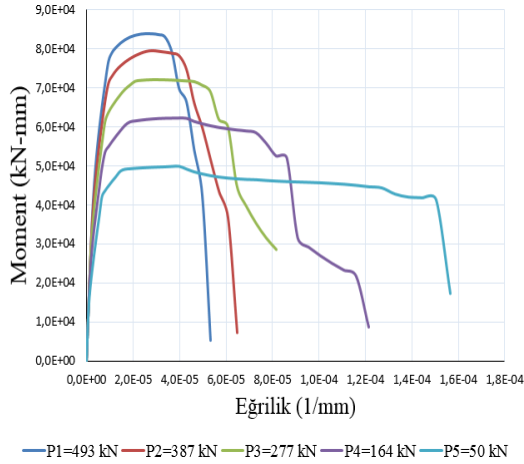
| | S1 | S2 | S3 | S4 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kolon kesitleri | 30cm*30cm | 25cm*40cm | 40cm*25cm | 50cm*25cm |
| Boyuna donatı adeti | 8Ø 14 | 8Ø 14 | 8Ø 14 | 10Ø 14 |

Tablo 2. Kiriş boyutları ve donatı bilgisi

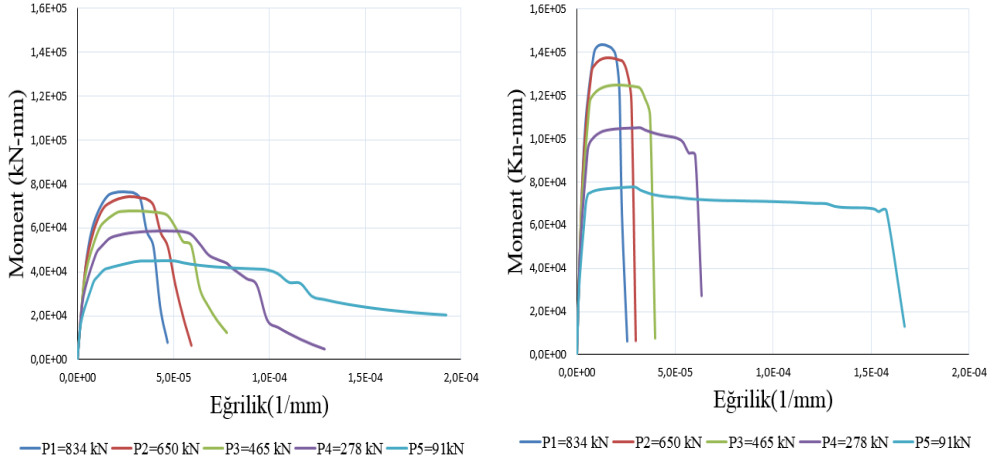
| | K1 | K2 | K3 | K4 |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kiriş kesitleri | 20cm*40cm | 20cm*40cm | 20cm*40cm | 20cm*40cm |
| Boyuna donatı adeti (Açıklık) | 2Ø12+3Ø14 | 5Ø12 | 3Ø12+3Ø14 | 6Ø12 |
| Boyuna donatı adeti (Mesnet) | 3Ø12+5Ø14 | 7Ø12+4Ø14 | 4Ø12+8Ø14 | 8Ø12+8Ø14 |

4.1 Moment-Eğrilik grafiği

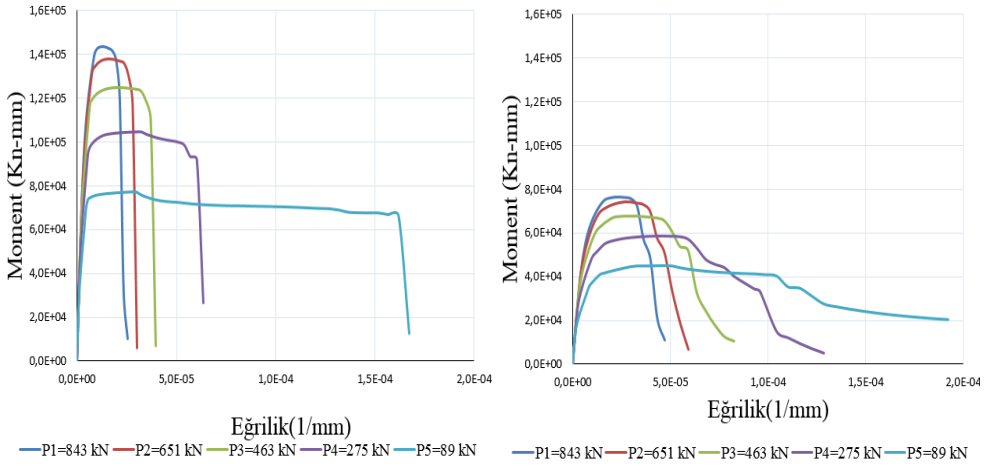
Bu çalışmada moment- eğrilik grafikleri farklı kolon tipleri için ayrı ayrı SAP2000 programı section designer ara yüzünden yapının yüklemelerin etkisi altındaki analizi yapılarak alınan aksenal kuvvetler kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen grafikler aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



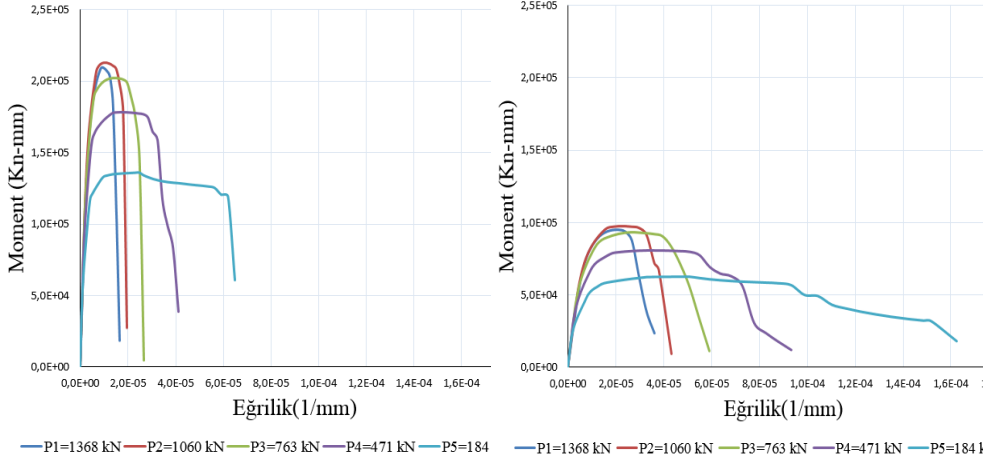
Şekil 8. S1 kolonu moment-eğrilik grafiği (x-y)



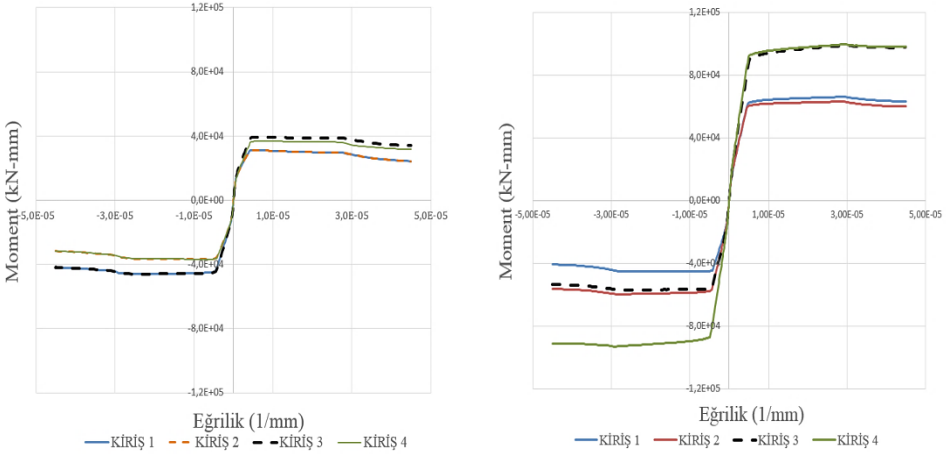
Şekil 9. S2 kolonu moment eğrilik grafikleri (x-y)



Şekil 10. S3 kolonu moment eğrilik grafikleri (x-y)



Şekil 11. S4 kolonu moment eğrilik grafikleri (x-y)



Şekil 12. K1-K2-K3-K4 kirişleri moment eğrilik grafikleri (açıklık-mesnet)

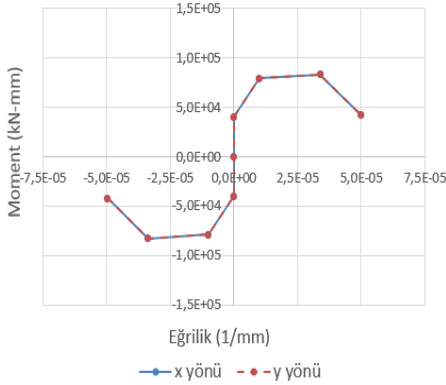
Tablo 3 Zemin kat kolonları kategori sınıfları

| | P(kN) | V_p (kN) | V_y (kN) | V_n (kN) | Kategori Sınıfı |
|----------|-------|------------|------------|------------|-----------------|
| S1 (x-y) | 493 | 55,236 | 51,416 | 102,848 | 5 |
| S2 (x) | 834 | 48,770 | 49,468 | 135,018 | 5 |
| S2 (y) | 834 | 91,788 | 93,684 | 79,531 | 1 |
| S3 (x) | 843 | 91,788 | 93,730 | 79,773 | 1 |

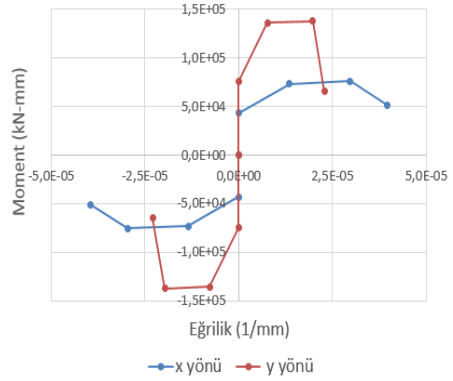
| | | | | | |
|---------------|------|---------|---------|---------|---|
| S3 (y) | 843 | 48,770 | 49,634 | 135,018 | 5 |
| S4 (x) | 1368 | 135,682 | 139,239 | 113,469 | 1 |
| S4 (y) | 1368 | 61,796 | 62,974 | 101,581 | 5 |

4.4 Eğilme deformasyonu modellemesi

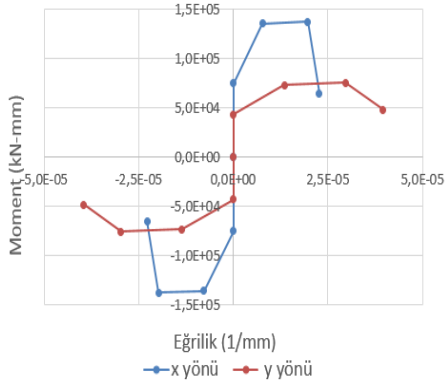
SAP2000 programından elde edilen moment-eğrilik diyagramları kullanılarak eğilme deformasyonu analizi için plastik mafsalları modelleri kolonların kategorilerine göre oluşturulmuştur. Plastik mafsallar eğilme analizi için kolon boyunca %10 aralıklarla yerleştirilmiştir. Plastik mafsalları uzunluğu L_p , Moehle' nin [12] önerileri doğrultusunda toplam kesit derinliğinin yarısı olarak alınmıştır. Bu işlemler her katta her bir kolon için ayrı ayrı uygulanmış olup zemin kat plastik mafsalları modelleri aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.



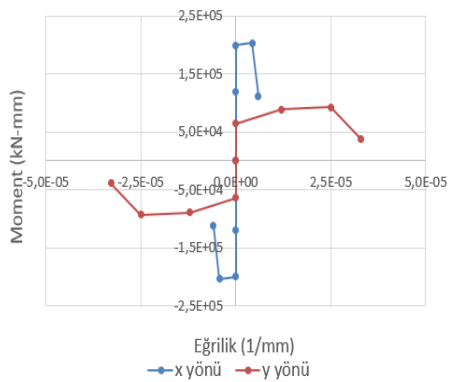
Şekil 13. S1 kolonu plastik mafsalları noktası grafikleri (x-y)



Şekil 14. S2 kolonu plastik mafsalları noktası grafikleri (x-y)



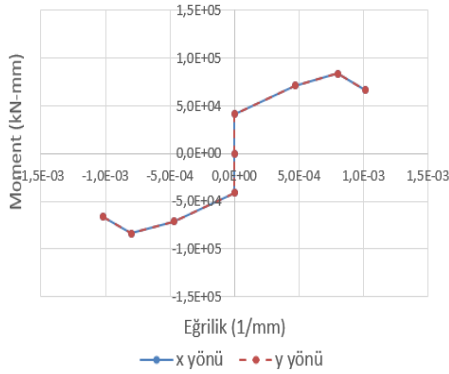
Şekil 15. S3 kolonu plastik mafsalları noktası grafikleri (x-y)



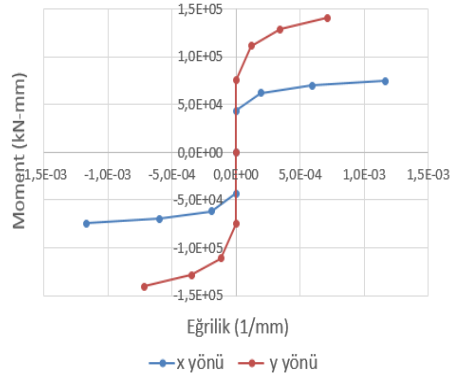
Şekil 16. S4 kolonu plastik mafsalları noktası grafikleri (x-y)

4.5 Donatı sıyrılması deformasyonu modellemesi

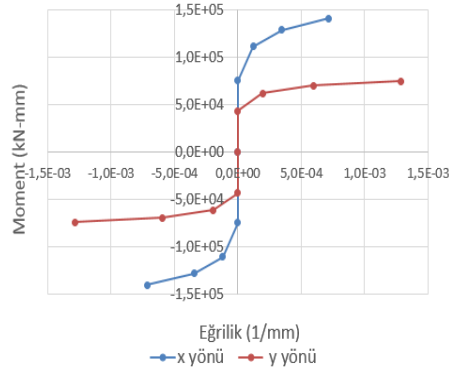
Eğilme plastik mafsalını oluşturduğumuz moment-eğrilik grafikleri kullanılarak bölüm 3.2’de anlatılan donatı sıyrılması modelindeki formülasyonlar kullanılarak moment-dönme grafikleri elde edilmiştir. Daha sonra donatı sıyrılması deformasyonu analizi için plastik mafsal modelleri kolonların kategorilerine göre oluşturulmuştur. Oluşturulan plastik mafsal donatı sıyrılması analizi için kolonların alt üst uç noktalarına yerleştirilmiştir. Bu işlemler her katta her bir kolon için ayrı ayrı uygulanmış olup zemin kat plastik mafsal modelleri aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.



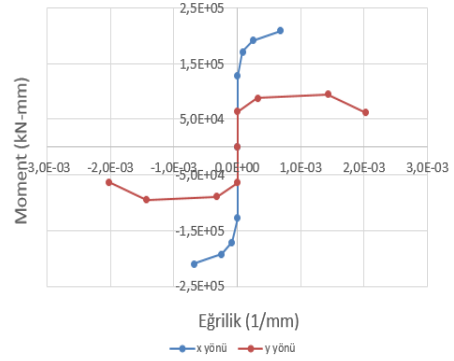
Şekil 17. S1 kolonu plastik mafsal noktası grafiği (x-y)



Şekil 18. S2 kolonu plastik mafsal noktası grafiği (x-y)



Şekil 19. S3 kolonu plastik mafsal noktası grafiği (x-y)

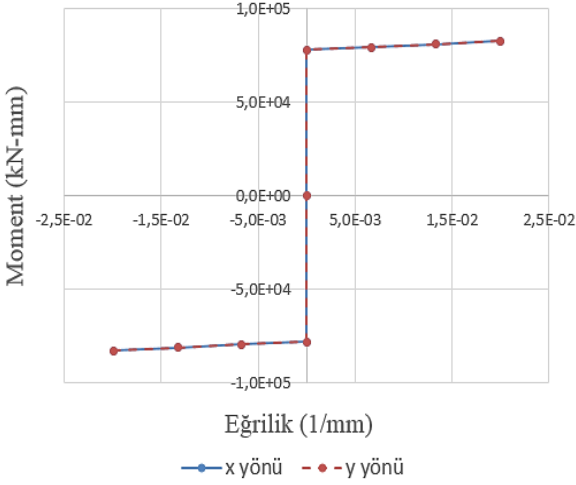


Şekil 20. S4 kolonu plastik mafsal noktası grafiği (x-y)

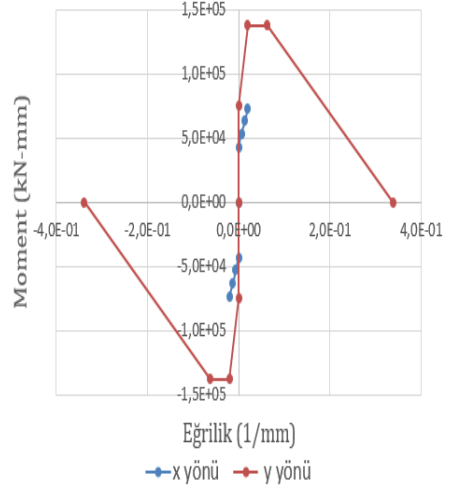
4.6 Kesme deformasyonu modellemesi

Bölüm 3.3’de verilen kesme modeli formülasyonları kullanılarak moment-dönme grafikleri elde edilmiştir. Daha sonra kesme deformasyonu analizi için plastik mafsal modelleri kolonların

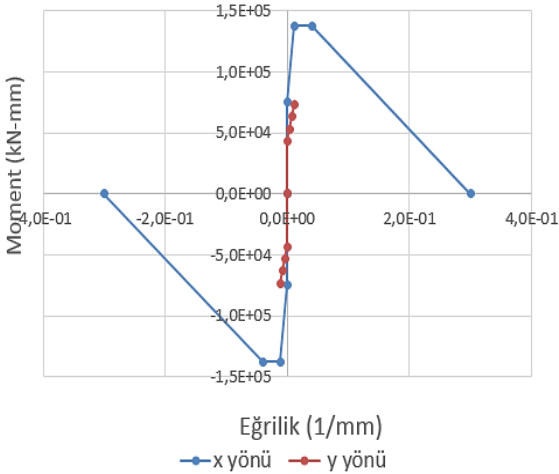
kategorilerine göre oluşturulmuştur. Oluşturulan plastik mafsallar kesme analizi için kolonların alt üst uç noktalarına yerleştirilmiştir. Bu işlemler her katta her bir kolon için ayrı ayrı uygulanmış olup zemin kat plastik mafsalları aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.



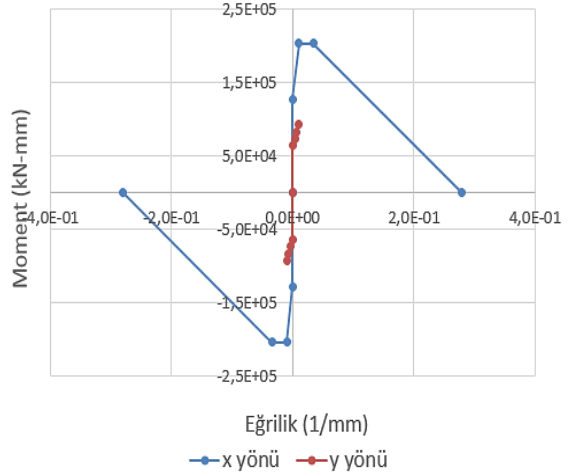
Şekil 21. S1 kolonu plastik mafsalları noktası grafiği (x-y)



Şekil 22. S2 kolonu plastik mafsalları noktası grafiği (x-y)



Şekil 23. S3 kolonu plastik mafsalları noktası grafiği (x-y)



Şekil 24. S4 kolonu plastik mafsalları noktası grafiği (x-y)

4.7 Toplam deformasyonun modellenmesi

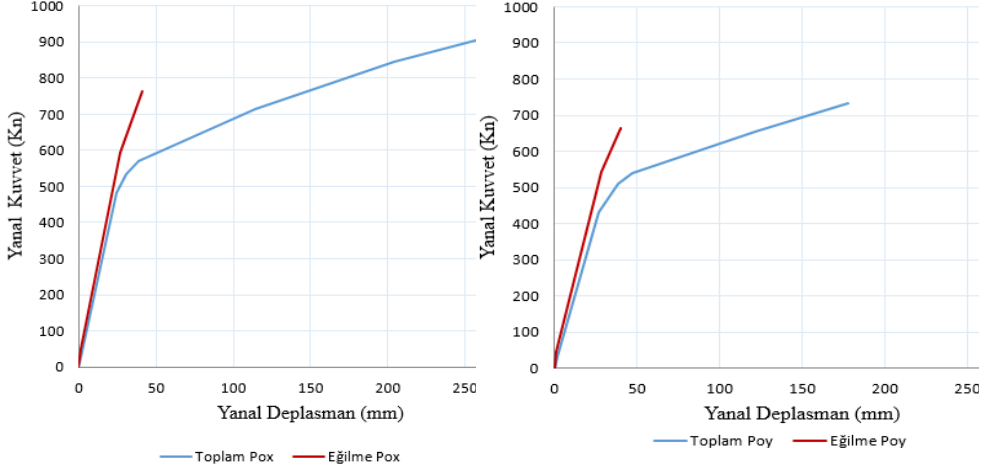
Toplam yanal deformasyonu elde etmek için eğilme, donatı sıyrılması ve kesme deformasyonlarının plastik mafsal modelleri SAP2000 Bina modeline birlikte yerleştirilmiştir. Plastik mafsallar eğilme deformasyonu için kolon boyunca %10 aralıklarla, donatı sıyrılması ve kesme deformasyonları için kolonların alt ve üst uç noktalarına yerleştirilip SAP2000 programında analiz yapılmıştır.

5. SONUÇ

5.1 Eğilme Deformasyonu ve Toplam Deformasyon Sonuç Karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında mevcut yapı stokunun büyük çoğunluğunu oluşturan eski betonarme yapılar gözönüne bulundurularak 1975 ABYYHY' ye göre tasarlanmış 5 katlı bir yapı modeli; eğilme, kesme ve donatı sıyrılması deformasyonlarına göre doğrusal olmayan analizle performans değerlendirmesi yapılmıştır. Modelleme ve analizler de SAP2000 programı kullanılmıştır. Çalışmada aynı modelden eğilme deformasyonu, kesme deformasyonu, donatı sıyrılması deformasyonu ve toplam deformasyon için ayrı ayrı hazırlanmıştır. Hazırlanan tüm modeller 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)' de de yer alan Pushover analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarından elde edilen Pushover eğrilerine göre yanal deplasmanlar bulunmuştur. Şekil 25' de x ve y yönü Pushover (statik itme) analiz eğrisi sonuçlarına göre eğilme ve toplam deformasyonun karşılaştırılması gösterilmiştir. Grafiklerden, yapıda oluşan eğilme deformasyonu ve toplam deformasyon arasındaki farka baktığımızda geçmişte ve günümüzdeki mühendislik tasarımı ve araştırmalarında ihmal edilen kesme ve donatı sıyrılması deformasyonlarının toplam deformasyona olan etkisinin önemli düzeyde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte mühendislik tasarımı ve araştırmalarında kesme ve donatı sıyrılması deformasyonlarının önemli olduğu ve ihmal edilmemesi gerektiği sonucuna varılmış olup piyasada kullanılan programların, kesme ve donatı sıyrılması deformasyonlarını

hesaplamlarda göz önünde bulundurmuyorsa, güncellenmesi gerektiği düşünülmektedir.



Şekil 25. Eğilme deformasyonu Pushover eğrisi (x-y yönü)

Pushover analizi yapıldığında yapıda oluşan plastik mafsallaşmaların yönetmeliğe göre güçlü kolon zayıf kiriş ilkesi doğrultusunda kolon kiriş birleşim bölgesinde ve kirişte oluşmasını beklerken plastik mafsallaşmaların kolonda olduğu görülmüştür. Bu da 1975 ABYYHY' ye göre binalar tasarlanırken yanlışlıklar yapıldığını ve bu yanlışlıkların sonucunda yapının güçlü kolon zayıf kiriş ilkesine uymadığını göstermiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasının nedenlerinden biri de yetersiz sargılamadır.

REFERANSLAR

- [1] Setzler E.J, "Modeling The Behavior Of Lightly Reinforced Concrete Columns Subjected to Lateral Loads", The Ohio State University, The Degree Master, Columbus, Ohio 2005
- [2] Mander, J. B., Priestley, J. N., and Park, R., 1988. "Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete," *Journal of Structural Engineering*. ASCE, V. 114, No. 8, Aug. 1988. pp. 1804-1825.
- [3] Vecchio, F. J. and Collins, M. P., 1986. "The Modified Compression-Field Theory for Reinforced Concrete Elements

- Subjected to Shear,” *ACI Journal*. V. 83, No. 2, Mar. 1986. pp. 219-231.
- [4] Işıltan Ö. “Betonarme Kolonlar İçin Dbybhy 2007, Eurocode 8 Ve Fema 356 İle Yapılan Performans Değerlendirmelerinin Deney Sonuçlarıyla Karşılaştırılması” Master Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Haziran 2010
- [5] Yönetmelik, Türkiye Bina Deprem. TBDY, (2018). 18.03. 2018 tarih ve 30364 sayılı Resmi Gazete.
- [6] CSI. SAP2000 V-20. Integrated finite element analysis and design of structures basic analysis reference manual. Berkeley (CA, USA): Computers and Structures Inc.
- [7] Sezen, H., Setzler, Eric J. Reinforcement slip in reinforced concrete columns. *ACI Structural Journal*, 2008, 105.3: 280.
- [8] Patwardhan, C., 2005. “Strength and Deformation Modeling of Reinforced Concrete Columns,” *M.S. Thesis*. The Ohio State University, Columbus, Ohio, 2005. 166 pp.
- [9] Sezen, H. Shear deformation model for reinforced concrete columns. *Structural Engineering and Mechanics*, 2008, 28.1: 39-52.
- [10] Gerin, M. and Adebar, P., 2004. “Accounting for Shear in Seismic Analysis of Concrete Structures,” *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver, B.C., Canada, Aug. 2004. Paper No. 1747.
- [11] Setzler E.J and Sezen H. “Model For The Lateral Behavior Of Reinforced Concrete Columns Including Shear Deformations” *Earthquake Spectra*, Volume 24, No. 2, Pages 493–511, May 2008
- [12] Moehle, J. P., 1992. “Displacement-Based Design of RC Structures Subjected to Earthquakes,” *Earthquake Spectra*. EERI, V. 8, No. 3, Aug. 1992. pp. 403-428.

BÖLÜM2

EVALUATION OF MULTI-STOREY OFFICE BUILDINGS IN THE CONTEXT OF ECOLOGICAL CRITERIA

**Associate Professor, İdil AYÇAM Research
Assistant, Burcu Buram ÇOLAK**

EVALUATION OF MULTI-STOREY OFFICE BUILDINGS IN THE CONTEXT OF ECOLOGICAL CRITERIA

İdil AYÇAM¹

¹ *Associate Professor, Gazi University Faculty of Architecture
Department of Architecture, (responsible author)*

Burcu Buram ÇOLAK²

² *Research Assistant, Gazi University Faculty of Architecture
Department of Architecture*

1. INTRODUCTION

The need to make an impact is defined as the energy expressed in the concept of energy, the ability to work between a substance or substances [1]. Energy is an indispensable phenomenon increasingly important in human life, has become the basic need for modern people to sustain their daily lives [2].

Energy; renewable energy sources and non-renewable energy sources are examined under 2 main headings.

Production and transport methods of non-renewable energy sources have a negative impact on the environment; affects the entire ecosystem such as air, climate, water, soil. In addition, it increases the harmful radiation rate. Foreign dependency increases as a result of the fact that the resource used is not local and this situation has a negative impact on the country's economy.

Fossil-based non-renewable energy sources cause serious environmental problems, made it compulsory to have alternatives [3].

Providing and using energy that does not threaten enough and environmental values is the most important problem of societies. There are two main sources of energy supply: fossil fuels and renewable resources. Fossil fuels in the last two centuries, they have found a widespread use due to the developments in production technologies and

being cheap, as a result, they have reached a superior position in the face of renewable technologies. The energy age based on oil and coal domination created an environment of insecurity as a result of the oil crisis that emerged in 1973. As a result of this insecurity environment, there has been an intense interest towards new and renewable energy sources all over the world. Thus, the concepts of “energy security” and “energy diversification” became the determining factor of energy policies after the oil crisis [4].

Use of renewable energy sources defined as alternative energy, as they are local, it also contributes significantly to reducing dependence on energy imports and development of employment. Renewable energy sources are important for reducing environmental pollution [3].

Renewable energy, in the cycle of nature, refers to the energy source that may be available on the next day. Renewable energy sources, also called secondary energy sources, potentially present but can be exploited in recent years due to technological difficulties, are resources that mean non-diminishing [5].

The most important reasons for choosing renewable energy; being clean, inexhaustible, being local, being economical, having high opportunities in the sector, being ecological [6].

2. EFFECTIVE BASIC PARAMETERS IN ECOLOGICAL STRUCTURE DESIGN

The concept of "ecology", which came to the fore under adverse environmental conditions, was first introduced by Ernst Haeckel in 1869. The word eco is derived from the Greek word 'oikos', which means the care and management art of our environment, which hosts people such as the world, the planet, the universe, on the micro scale, the house, the house, and the macro scale; It covers the total relationships of all living and inanimate beings with each other [7].

The ecological design approach is a form of design that dates back to the 1970s, which aims to produce structures that are compatible with their environment and use passive design principles. In his thesis, Olson argued that a really good design is an exemplary design, and Yeang emphasized design together with nature. On the building scale, Vitruvius has defined sustainable development as the relationship between 'function' and 'construction' [8].

Ecological design provides the harmony of simultaneously creating a sensitive approach to people and their environment, as well as the principle of adequate and economic use of world resources [9].

The main principles of ecological building design; To design structures that minimize environmental pollution, aim at preserving the building culture and have positive effects on architecture. Within the scope of the study, these four basic parameters are; ecological design parameters were collected as design-specific ecological parameters, passive integrated design parameters and design parameters integrated into the structure and sample buildings were analyzed with the help of various criteria determined under these headings.

Ecological Design Parameters:

Ecological building design can be defined as designing to use energy effectively and efficiently by using variable physical environmental data such as climate, direction and dominant wind in architectural design process [10]. Ecological building design requires the creation of active and passive control facilities appropriate for the building, providing control to increase the performance of the building and provide energy conservation in heating, cooling, ventilation, and natural lighting issues, determining the design criteria and making architectural designs within this scope [11].

The first ecological design parameters we examined within the scope of the study; in which direction the building should turn is problematic. With the exception of the earthquake risk, the design can be positioned east-west or north-south in the direction of wind arrival. Another factor is related to climate data. The ventilation of the building, cooling-cooling, heating and lighting system are also effective in design. The materials to be used in the design of the building are local or recycled, and rainwater can be used are important parameters of the design.

Ecological Parameters Specific to Design:

Building design is important considering the ecological parameters specific to the design. Environmental factors, microclimate and control of the building shell's thermal performance are among the factors affecting energy efficiency. The building shell that affects climatic comfort should

provide protection suitable for wind, hot and cold weather conditions. In addition to all these, the thermal conduction properties of the building facade, the air tightness level of the shell, the positioning of the windows, the joinery, the color and reflectivity of the glasses used are important inputs for energy control in the building. Optical and thermo-physical properties of the building are the determinants of the heat transfer that takes place in the context of indoor-outdoor temperature difference and solar radiation effects [12].

Within the scope of the study, it is one of the design parameters that can be used according to the units to be created for the structure we examined; use of renewable resources (Micro Air Conditioning, Wind Energy, Solar Energy, Rainwater, Geothermal Energy), Comfort Conditions (Visual, Cooling, Lighting, Ventilation), use of direct gain method (Atrium, Natural Lighting, Natural Ventilation, Cooling System).

Passive Integrated Design Parameters:

In order to provide thermal (climatic), visual and auditory comfort conditions, it will make maximum use of natural resources and consume minimum energy, In other words, the design parameters affecting the energy efficiency of the building that will be effective in creating an energy efficient sustainable environment; the location selection of the building, the distance and positioning of the building to other buildings, the direction of the building, the form of the building, the physical properties affecting the heat transfer of the building envelope, the outdoor brightness level, the barriers that may affect the external climate and visual comfort, the dimensions and structural features of the building elements such as windows and glass, the characteristics of the components that make up the artificial lighting system are listed as solar control and natural ventilation systems [13], [14].

In general, passive integrated design parameters; are design parameters for improvements in the environmental and energy performance of the building. Different systems (wind chimney, wing wall, atrium, wind bucket) can be designed in the structure integrated with wind energy for use in building ventilation. Another design parameter is solar energy. Systems such as solar energy (light shelf, light tube, atrium, light well), heating system of the building (solar room, roof pool, thrombard wall) are designed and used.

Integrated Design Parameters:

Design parameters integrated into the structure; wind, solar and geothermal energy, wind turbines, PV, collectors, heat exchangers integrated into the structure, and the design parameters made to meet the heating and cooling needs of the building.

Today, depending on the development of clean energy technologies, it can be concluded how ecological systems can be integrated into building components in multi-storey buildings and even skyscrapers, and not as a member independent of the building, but the building element itself. In this context, it is especially beneficial for the initial investment cost to decide on the systems that will be integrated into the building, and to integrate it with the building component [15].

3. SMO (Skidmore, Owings & Merrill LLP)

Skidmore, Owings & Merrill LLP (SOM) is an American architectural, urban planning and engineering firm. Founded in 1936 in Chicago by Louis Skidmore and Nathaniel Owings, the company opened its first branches in New York in 1937 and has since been in San Francisco, Los Angeles, Washington DC, London, Hong Kong, Shanghai, Mumbai and Abu Dhabi. spread all over the world with its regional offices. SOM is among the largest architectural companies in the world with its wide portfolio.

Their specialty is designing high-end commercial buildings in a modern international style. The most notable designs are; John Hancock Center (1969, the second tallest building in the world when it was built), Willis Tower (1973, the tallest building in the world for over twenty years) and Burj Khalifa (2010, currently the tallest building in the world). Company; serves in the fields of architecture, engineering services, digital design, graphic design, interior design, structural engineering, planning, sustainable design and urban design [16].

4. ANALYSIS OF SAMPLES

4.1. JIN MAO TOWER (Skidmore, Owings & Merrill LLP , Shanghai, China, 1999)

The Jin Mao Tower structure, which was completed in 1999, was built in

Shanghai-China, where the tropical climate is dominated, with a construction area of 287,000 m² and a construction area of 23,257 m². The type of the building, whose building height is 421 m, is for mixed use in the form of trade-office-residence [17].

| JIN MAO TOWER | |
|-----------------------------|---|
| Year of Construction | 1994-1999 |
| Building Type | commerce + office + housing (mixed use) |
| Climate Type | tropical climate |
| Location | Shanghai, China |
| The Project Area | 287,000 m ² |
| Building Area | 23,257 m ² |
| Floor Number | 88 |
| Building Height | 421 m |

Table 1. Jin Mao Tower Building Tag [17]



Figure 1. Jin Mao Tower [18]

It is the longest structure of its time and it is designed with the aim of using minimum energy. There are reuse of rainwater, storage of these waters in water tanks and alternately use in different areas (such as toilet water). Considering the structure, it saves 21.59% energy. The facade

system is designed as a curtain wall, and special solutions for natural ventilation and lighting are produced. In the building, solar control system and systems for rainwater recycling have been designed [17].

4.2.BURJ KHALIFA (Skidmore, Owings & Merrill LLP , Dubai, United Arab Emirates, 2010)

Today, the construction of skyscrapers has taken its place in modern urbanization as an indicator of development. Although skyscrapers take their place in discussions in categories such as image pollution, money, place of residence, shopping or business, it is now a requirement of the age. In addition to the need of the age, tall buildings; It pushes the limits with its unbelievable height. Burj Khalifa, which is located in Dubai, is currently the highest skyscraper in the world with its height of 828 meters.

Burj Khalifa has 164 floors in total and 160 of these floors can be used. It was constructed by taking high level occupational safety precautions, taking into account the risky situations that may occur due to the height of the building at the site application stage [19].

| BURJ KHALIFA | |
|-----------------------------|---|
| Year of Construction | 2004-2010 |
| Building Type | commerce + office + housing (mixed use) |
| Climate Type | desert climate |
| Location | Dubai, United Arab Emirates |
| The Project Area | 454,249 m ² |
| Building Area | 104,210 m ² |
| Floor Number | 162 |
| Building Height | 828 m |

Table 2. Burj Khalifa Building Tag [19]



Figure 2. Burj Khalifa [20]

The parameter that shapes the form of the building in design; The behavior of the building against the wind is calculated in advance and it is shaped towards the direction of the wind. Sun shading systems integrated into the glass curtain wall of the building have been designed, and natural windows have been brought under control and open windows that can take in fresh air have been designed. This system also provides the temperature balance in the interior by making use of the sunlight correctly and provides benefits as a passive ventilation system throughout the building. The exterior design form, the structure shaped for the protection from the wind and the right use of the wind, thus provided the correct climatic systems in the interior.

4.3.THE PERTAMINA ENERGY TOWER (Skidmore, Owings & Merrill LLP , South Jakarta, Indonesia, 2020)

Pertamina Energy Tower, one of the leading designs of Supertall category buildings, was designed by Owings and Merrill (SOM) in Jakarta, Indonesia. Pertamina Energy Tower, which is 530 m high, is a high-performance green building and is also the world's first 'net-positive energy' building. The net positive energy skyscraper, that is, on-site renewable energy, provides more than 100 percent of the energy required to use energy. In this way, the building can produce more than the energy it consumes. The most important criterion for the design purpose of the

building is that it has a net-positive energy. The building can generate approximately 6 percent of energy per year from the energy used by itself [21].

| THE PERTAMINA ENERGY TOWER | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Year of Construction | 2014-2020 |
| Building Type | commerce + office (mixed use) |
| Climate Type | tropical climate |
| Location | South Jakarta, Indonesia |
| The Project Area | 557.379 m ² |
| Building Area | 57.512 m ² |
| Floor Number | 99 |
| Building Height | 523 m |

Table 3. The Pertamina Energy Tower Building Tag [21]

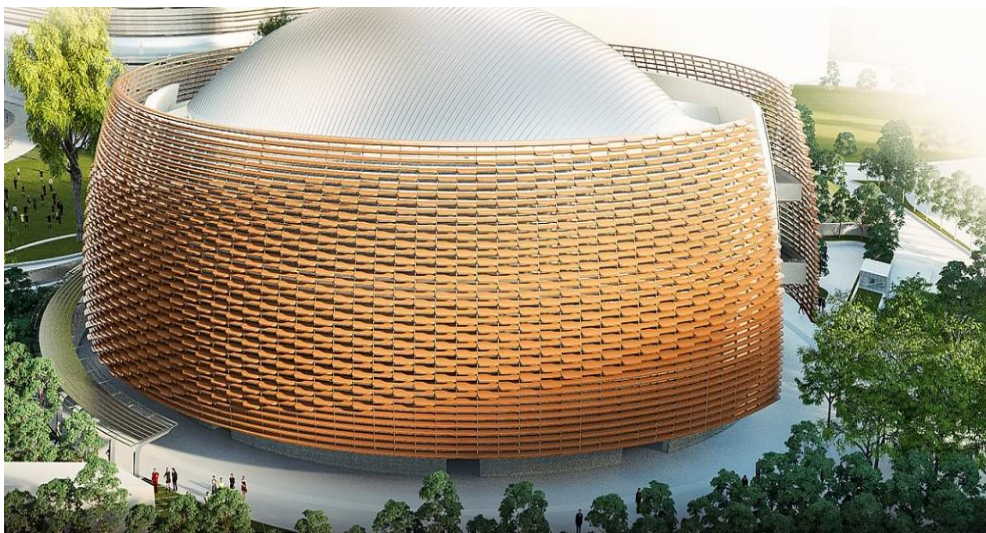


Figure 3. The Pertamina Energy Tower [22]



Figure 4. The Pertamina Energy Tower [22]

Considering the passive design strategies of the building;

A high-performance façade that allows daylight, at the same time optimizing cooling loads, minimizing facade integration, natural light provided by glass and specially designed outer shading fins, daylight is preferred not only for reducing energy consumption but also for its positive benefits to human health.

Choices made in a high structure in terms of making maximum use of daylight are a correct decision in terms of directing the overall design.

Considering the active design strategies of the building;

- Ventilation and air conditioning system, high efficiency light emitting diode (LED),
- Illumination sensors, occupancy sensors that automatically dim or turn off the luminaires,
- A demand-controlled ventilation system that provides the exact amount,
- A system that provides fresh air to meet the needs of users,
- Energy and double enthalpy wheels during the braking cycle of elevators,
- It is observed that it uses outdoor air recovery units to save wasted energy [23].

Active systems in the building are generally aimed at ventilation and lighting, and in order to achieve this, the development of systems that are shaped according to the needs of the user compared to other higher structures makes the structure stand out in its category.

During the building form design process, annual energy savings were planned over the total construction area of the building. By providing mobility on the facades facing the east-west directions of the building, the sun beam in the morning and noon hours was taken to the building in a controlled way, thus shining in the building was prevented. For this, glare tests were carried out through simulations during the building design phase. As a result of these tests, it was deemed appropriate to design a passive facade for the building. In addition, retractable sensors are designed according to the angle of the sun. The shell design built around the façade was designed in the east-west directions and it was aimed to help ensure the thermal balance of the building. The most important feature of the Pertamina Tower; It is a design that enables the production of electricity from the geothermal source under the structure and thus it is produced not only for the building but also for the electricity that will be used for environmental lighting.

5. CASE STUDY

While examining the sample buildings designed by Skidmore, Owings & Merrill team within the scope of the field study; particular attention was paid to whether the technologies used in design are an important part of the sustainability strategy. The reason why the sample buildings examined within the scope of the study were selected from the designs of the SOM group; Skidmore has a holistic design approach in the designs of the Owings & Merrill team, including structural engineering, architectural design and sustainability engineering. The samples examined within the scope of the study are gathered under 4 main titles, and tables are created, and inferences from these tables are aimed at obtaining general attitude. The purpose of selecting these examples from different periods; With the developing technology, it is revealed how the design ideas differ and how similar they are. The main parameters used when evaluating the samples; ecological design parameters are design-specific ecological parameters, passive integrated design parameters and structure-integrated design parameters.

First of all, the most important factor in shaping the building forms, which is the most prominent feature of the structures examined, was examined (Table 4).

| | JIN MAO TOWER | BURJ KHALIFA | THE PERTAMINA ENERGY TOWER |
|---|--|---|--|
| THE MOST VARIOUS FEATURE OF THE BUILDING | The highest sustainable ecological building of the time | The World's 'Highest Skyscraper' | World's first 'net-positive energy' Building |
| BUILDING FORM | The building form has been shaped according to environmental conditions. (especially earthquake proof) | The form of the building is shaped towards the direction of the wind. | The building form has been shaped according to environmental conditions. |
| SQUARE / RECTANGULAR | - | - | - |
| CIRCLE/ELIPS | - | - | ellipse |
| TRIANGLE / POLYGONS | polygon | polygon | - |

Table 4. Comparison of Examined Buildings According to Building Form

It is seen that the unchanging feature in the shaping of the building forms of the examined samples are environmental conditions. While determining the form of Jin Mao Tower, it is observed that it is especially important to design it as earthquake resistant with environmental conditions, while it is seen that the building form in Burj Khalifa is shaped according to the direction of the wind. In The Pertamina Energy Tower, it is seen that the building form is completely shaped according to environmental data.

After examining the building forms, under the heading of ecological design parameters; north-south, east-west orientations of building geometries, the use of climate data, local material use for ventilation, lighting, heating, cooling-cooling, waste and recycling, recyclability of material and use of recycled materials Under the heading, the criteria for the use of rainwater in the design and the use of water for cooling the building envelope are evaluated (Table 5).

| | | | JIN MAO TOWER | BURJ KHALIFA | THE PERTAMINA ENERGY TOWER |
|-------------------------------------|---------------------------------|---|---|------------------------------|-----------------------------------|
| ECOLOGICAL DESIGN PARAMETERS | ORIENTATION | EAST-WEST | GEOMETRY EQUAL TO EVERYWAY (as a result of calculations according to earthquake risk) | TOWARDS THE WIND DEVELOPMENT | east-west orientation more |
| | | NORTH-SOUTH | | | north-south orientation less |
| | USE OF CLIMATE DATA | | affects design | affects design | affects design |
| | PRIORITY DESIGN CRITERIA | VENTILATION | affects design | affects design | affects design |
| | | COOL-Cooling | affects design | affects design | affects design |
| | | HEATING | – | – | – |
| | | LIGHTING | affects design | affects design | affects design |
| | WASTES AND RECYCLING | LOCAL MATERIAL USE | – | – | – |
| | | RECYCLABLE | affects design | affects design | affects design |
| | | RECYCLED MATERIAL USE | – | – | – |
| | WATER | USING RAIN WATER | affects design | – | – |
| | | THE USE OF BUILDING SHELL FOR HARDENING | affects design | – | – |

Table 5. Comparison of Examined Buildings According to Ecological Design Parameters

In evaluating ecological design parameters through examples, it is seen that the criteria of using climate data, ventilation, cooling-cooling, lighting, and recyclability of wastes are important criteria affecting the design in all 3 buildings. Due to the location and climate of the buildings, it is seen that the heating parameter does not affect the design in the buildings.

In addition, among other ecological parameters that exist in design; the extra criteria for the use of renewable resources, comfort conditions, use of the direct gain method, winter garden or greenhouse, consideration of residential properties and energy conservation in terms of structure were evaluated through examples (Table 6).

| OTHER ECOLOGICAL CRITERIA IN DESIGN | JIN MAO TOWER | BURJ KHALIFA | THE PERTAMINA ENERGY TOWER |
|---|--|---|---|
| USE OF RENEWABLE SOURCE | Micro Air Conditioner, Wind Energy, Solar Energy, Rainwater | Micro Air Conditioner, Wind Energy, Solar Energy, | Micro Air Conditioner, Wind Energy, Solar Energy, Geothermal energy |
| COMFORT CONDITIONS | Visual, Cooling, Lighting, Ventilation | Visual, Cooling, Lighting, Ventilation | Visual, Cooling, Lighting, Ventilation |
| USING THE DIRECT GAIN METHOD | Atrium, Natural Lighting, Natural Ventilation, Cooling System | Natural Lighting, Natural Ventilation, Cooling System | Natural Lighting, Natural Ventilation, Cooling System |
| WINTER GARDEN OR GREENHOUSE USE | Atrium, gaps left between floors | Gaps left between floors | Glass Shell |
| CONSIDERING THE SETTLEMENT ZONE FEATURES | Natural with Wind Ventilation, natural lighting with solar control system | Natural with Wind Ventilation, natural lighting with solar control system | Natural with Wind Ventilation, natural lighting with solar control system, Utilizing geothermal energy from under the structure |
| DATA SPECIFICALLY CONSIDERED FOR ENERGY CONSERVATION | Natural Lighting, Natural Ventilation, Cooling System, Rainwater use, Atrium | Natural Lighting, Natural Ventilation, Cooling System, Wind energy | Natural Lighting, Natural Ventilation, Cooling System, geothermal energy |

Table 6. Comparison of Examined Buildings According to Other Ecological Criteria

As a renewable energy source, among other ecological parameters existing in the building; micro air conditioning, wind energy, solar energy usage has been seen to be one of the other unchanging features over time. It is observed that the systems used for energy conservation change over time, and the current state of the art, The Pertamina Energy Tower, has benefited from the geothermal energy source, as well as providing the existing energy conservation, as well as generating excess energy, the structure has become a positive energy category.

The reason why the sample buildings are examined under the title of passive integrated design technologies, apart from other ecological parameters that exist in the structure; to reveal which systems for solar and wind energy have been constructed (Table 7).

| | | | | JIN MAO TOWER | BURJ KHALIFA | THE PERTAMINA ENERGY TOWER |
|--|--------------|-------------|----------------|---------------|--------------|----------------------------|
| PASSIVE INTEGRATED DESIGN TECHNOLOGIES | WIND ENERGY | VENTILATION | WIND CHIMNEY | available | available | available |
| | | | WING WALL | - | available | available |
| | | | ATRIUM | available | - | - |
| | | | WIND BUCKET | - | - | - |
| | SOLAR ENERGY | LIGHTING | LIGHT SHELF | - | available | available |
| | | | LIGHT TUBE | - | available | available |
| | | | ATRIUM | available | - | - |
| | | | LIGHT WELL | available | available | available |
| | | HEATING | SOLAR ROOM | - | - | - |
| | | | ROOF POOL | - | - | - |
| | | | TROMBE WALL | - | available | - |
| | | COOLING | COOLING SYSTEM | available | available | available |

Table 7. Comparison of Examined Buildings According to Passive Integrated Design Technology Criteria

When evaluated under the title of passive integrated design technologies; It is seen that there are wind chimneys, light well and cooling systems in all 3 buildings. It was observed that the solar room and roof pool, which are among the heating systems, are not included in all 3 examples. When evaluated chronologically, it is seen that there is no light shelf and light tube for lighting in Jin Mao Tower, which is the old example, but it is present in other examples.

The examples were finally examined under the heading of integrated design technologies to reveal which systems the designs prefer while benefiting from wind, solar and geothermal energy (Table 8).

| | | | | JIN MAO TOWER | BURJ KHALIFA | THE PERTAMINA ENERGY TOWER |
|--------|------------------------|------------------------|--------------|---------------|----------------|----------------------------|
| DESIGN | WIND ENERGY | ELECTRICITY GENERATION | WIND TURBINE | - | available | available |
| | | | SOLAR ENERGY | HEATING | PV / COLLECTOR | - |
| | COLLECTOR | available | | | - | - |
| | ELECTRICITY GENERATION | PV | available | available | available | |

| | | | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------------|---|---|-----------|
| GEOHERMAL ENERGY | ELECTRICITY GENERATION | HEAT EXCHANGERS | - | - | available |
| | COOLING | HEAT EXCHANGERS | - | - | available |

Table 8. Comparison of Examined Buildings According to Integrated Design Technology Criteria

PV collector systems that are integrated into buildings for heating purposes are not used due to the location and climate of the buildings. While utilizing geothermal energy in The Pertamina Energy Tower, it is seen that heat exchangers are used integrated with the structure for electricity generation and cooling system. In addition, it was observed that electricity was produced by using PV in all samples using solar energy.

6. EVALUATION

If we sort it chronologically; Jin Mao Tower (1994-1999), Burj Khalifa (2004-2010), The Pertamina Energy Tower (2014-2020), when a general evaluation is made based on the examples;

Similar properties of the samples:

- Environmental conditions seem to be effective in shaping the form in all three buildings.
- While designing all three buildings, among the ecological parameters; Efficient use of climate data, ventilation, cooling-cooling, lighting and recyclability criteria appear to affect the design.
- As a renewable energy source in all three buildings; micro air conditioner, wind energy, solar energy are used.
- In all three buildings, natural lighting, natural ventilation and cooling system were used as direct gain method.
- Criteria especially taken into consideration for energy conservation in all three structures; natural lighting, natural ventilation and cooling systems.
- There are wind chimney, light well and cooling system in all three structures as passive integrated design technologies.
- In all three structures, PV is used as an integrated design technology to generate electricity from solar energy.

Different properties of the samples:

- Unlike other examples, rainwater was returned in Jin Mao Tower, and water was also used to cool the building envelope.
- Unlike other examples, The Pertamina Energy Tower uses geothermal energy as a renewable energy source. In the building, there are heat exchangers that provide electricity from geothermal energy and generate heat.
- While there are spaces left between the atrium and floors in the Jin Mao Tower, there are only spaces left between the floors in Burj Khalifa. There is no gap between the atrium or floor in The Pertamina Energy Tower and there is a glass shell system throughout the building.
- While Burj Khalifa and The Pertamina Energy Tower have wing walls, light shelves and light tubes, Jin Mao Tower does not have these systems.
- Trombe wall samples are only found in Burj Khalifa.
- While there is a wind turbine in Burj Khalifa and The Pertamina Energy Tower, this system is not available in Jin Mao Tower.

7. CONCLUSION

When the structures examined within the scope of the study are evaluated in chronological order; With the developing technology, it is concluded that the properties of the buildings change in the building, and passive integrated design parameters and design technologies integrated into the buildings come to the fore to increase the energy performance of the buildings. In addition, it has been concluded that the designs that adopt the use of ecological design parameters as the basic principle are detailed the systems that will be integrated into the structure before the application area is reached, the parameters used in accordance with the quality of the design produce different results in varying designs, and thus, productions are made for the structure.

The environmental conditions of the location of the building and especially the climate data have been shown to be directly effective in building designs. When the examined structures are evaluated chronologically, as a renewable energy source; micro air conditioning, wind energy, solar energy usage has been seen to be one of the other unchanging features over time. Along with these unchanged parameters; it

has been concluded that systems integrated into the buildings have been changed and developed thanks to the contributions of the developing and renewed technology to the building sector, the use of geothermal energy as a renewable energy source has increased, glass shell system applications have increased, and systems such as light shelf and light tube, wind turbine have come to the fore.

The concept of ecological building design, which aims to use energy effectively, conserve resources and damage the environment less than the building sector, has redefined architectural design criteria. Architectural design criteria, traditionally defined as technology-functionality-aesthetics and economy with ecological structure design, have expanded with the subjects of nature-environment-energy and comfort. This change required a review of the architectural design process and design criteria of structures that had a significant share in energy consumption throughout their lives.

As a result, it is aimed to shed light on the future studies by evaluating how the ecological criteria change according to the needs of technology and the needs over time as the time passes over the examples examined in this study.

8. REFERENCES

- [1]. Kılıç, Abdurrahman-Öztürk Aksel. Güneş Enerjisi. Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul,1980. s.1.
- [2]. TAŞPINAR F., 2006, *Motivasyon Araçlarının İş gören Motivasyonu Üzerindeki Etkisi: Afyonkarahisar İlindeki Termal Otel İşletmelerinde Bir Araştırma*, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- [3]. Uslusoy, S., “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir (2012).
- [4]. Çukurçayır M. A., Sağır H. Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları, Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi.
- [5]. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Önemi*, Milli Eğitim Bakanlığı , 522EE0421 Ankara, 2012 T.C. <http://www.solar->

academy.com/menus/Yenilenebilir-Enerji-Teknolojileri-Kaynaklari-Onemi.164622.pdf.

[6]. *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajları*, <http://www.tesisat.org/yenilenebilir-enerji-kaynaklarinin-avantaj-dezavantajlari.html>

[7]. Göksu, R., 1997, Çevre Sorunlarına Yaklaşımında TMMOB Çevre Mühendisleri Odası'nın Konumu ve Çevre Mühendislerinin İşlevi, 2. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi.

[8]. Güleç, D., 2007, Bina Enerji Performans Simülasyonunun Mimari Tasarım Stüdyosuna Entegrasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

[9]. Bozdoğan. B., 2003, Mimari Tasarım ve Ekoloji, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

[10]. Özmehmet, E., “Avrupa ve Türkiye’de Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışına Eleştirel Bir Bakış”, *E-Journal of YaşarUniversity*No.7, Vol. 2, İzmir, 2007.

[11]. Utkutuğ, G., Binayı Oluşturan Sistemler Arasındaki Etkileşim ve Ekip Çalışmasının Önemi, Mimar-Tesisat Mühendisi İşbirliği, 4. Ulusal tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 1999.

[12]. Soysal, S., Konut Binalarında Tasarım Parametreleri İle Enerji Tüketimi İlişkisi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2008.

[13]. Utkutuğ, G., Bilim ve Teknik Mimarlık Eki, İstanbul, ed. G. Utkutuğ, Tübitak Yayınları, 2002.

[14]. Lakot, E., Ekolojik Ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri Ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2007.

[15]. USLUSOY, S. 2012, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İzmir.

- [16]. Skidmore, Owings & Merrill (SOM), <https://www.som.com/about>
- [17]. *Pertamina Energy Tower*, http://www.som.com/projects/pertamina_energy_tower
- [18]. *Jin Mao Tower*, <https://skyscrapercenter.com/building/jin-mao-tower/189>
- [19]. *Burj Khalifa*, https://tr.wikipedia.org/wiki/Burc_Halife
- [20]. *Burj Khalifa*, http://www.som.com/projects/burj_khalifa
- [21]. *Pertamina Energy Tower*, http://www.som.com/projects/pertamina_energy_tower
- [22]. *Pertamina Energy Tower*, http://www.som.com/projects/pertamina_energy_tower
- [23]. Franklin Linder, 04/12/2013, *Demand-Controlled Ventilation and Energy Efficiency*, White Paper Version 1.0, Fr. Sauter AG, Im Surinam 55, CH-4016 Basel, D100186941.

BÖLÜM3

**PROPANOL-BİYODİZEL YAKIT
KARIŞIMLARININ İÇTEN YANMALI DİZEL
MOTORLARDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Öğr. Gör. Dr.Erdal ÇILĞIN

PROPANOL-BİYODİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ İÇTEN YANMALI DİZEL MOTORLARDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF USE PROPANOL-BIODIESEL FUEL BLENDS
IN INTERNAL COMBUSTION DIESEL ENGINES

Erdal ÇILĞIN

*Öğr. Gör. Dr., Dicle Üniversitesi Diyarbakır Teknik Bilimler Meslek
Yüksekokulu Motorlu Taşıtlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü
(Sorumlu Yazar)*

1.GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve artan nüfus konvansiyonel yakıt tüketimini arttırmaktadır [1]. Artan Konvansiyonel yakıt tüketimi ile meydana gelen egzoz gazlarının içeriğinde; yanmamış hidrokarbon olarak sınıflandırılan olefinler, parafinler ve aromatikler ayrıca tam olmayan (kısmen) yanmış olarak sınıflandırılabilir aldehytler, ketonlar, karboksilik asitlerin yanı sıra CO, NO_x, SC_b, kurşun bileşikleri ve partikül maddeler bulunmaktadır [2]. Bu emisyonların azaltılmasının ya da tamamen giderilmesinin alternatif yakıtlarla mümkün olacağı düşüncesi bu alanda birçok çalışma yapılmasına sebep olmuş ve bu çalışmalar sonucunda biyodizel olarak adlandırılan alternatif yakıtlar kullanılmaya başlanmıştır [3]. Biyodizel yakıt özelliklerinin geleneksel yakıt özelliklerine benzemesi avantajlı olarak görülmüştür [4]. Ancak sağladığı avantajların yanında, hammaddelerinin yaygın olarak tarımsal ürünlerden seçilmiş olması zamanla, tarım alanlarının biyodizel kaynaklarına ayrılmasını sağlamış ve biyodizel kaynaklarının dışında ekilen ürünlerin ekim alanlarını daraltarak gıda fiyatlarının yükselmesine, biyolojik çeşitlilik kaybına neden olmuştur. [5-7]. Bu çerçevede çalışmalar doğal olarak

yetişen ve tarım alanları üzerinde hiçbir baskı yaratmayan kaynaklar üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu biyoizel kaynaklarından biride doğal olarak yetişen ülkemizin doğal bitki örtüsünün bir parçası olan 2000 yıl kadar yaşayabilen menengiçtir [8-10]. Diğer alternatif yakıt araştırmaları ise alkoller üzerine yoğunlaşmaktadır [11]. Alkoller $C_nH_{2n+2}O$ formülü ile sınıflandırılırlar ve içten yanmalı motorlarda doğrudan ya da dizel yakıtı veya biyodizel yakıtlarına belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilirler [12,13]. İçten yanmalı motorlarda kullanılabilen alkol çeşitleri metanol (CH_3OH), etanol (C_2H_5OH) ve bütanol (C_4H_9OH)'tır [14]. Alkollerin yapılarında belirli miktarlarda oksijen bulunmaktadır [15]. Alkollerin moleküler yapısı motor yakıtları ile kıyaslandığında daha küçük olmaları, yapılarında oksijen bulunması, fosil kökenli yakıtların yapısında bulunan kükürt, kansere neden olan maddeler ve ağır metaller bulunmamasından dolayı atmosfere salınan egzoz emisyonlarında olumlu etkilere sebep olmaktadır [16]. Alkoller moleküler yapılarından dolayı sıvı formdaki fosil kökenli yakıtlar ile kıyaslandığında daha hızlı bir yanma sağlamaktadırlar [17]. Alkoller aracılığı ile yanma hızının artırılması sonucunda; yanma verimi artmakta, motorun kararlı bir şekilde çalışması sağlanmakta, ayrıca yanma hızının artması sonucunda yüksek sıkıştırma oranlarına çıkarak motor vuruntusu olmadan verim artırılabilmesinin yanı sıra egzoz emisyonlarının değiştirilmesinde de önemli bir etkidir [18-20].

Bu çalışmada Menengiç yağından biyodizel üretilmiştir. Türkiye'de Akdeniz ve dünyada Batı Asya'nın tipik bir bitkisi olarak bilinen bu ağacın meyvesinden elde edilen yağın tercih edilme sebebi; Türkiye'nin Doğu Anadolu, İç Anadolu, Karadeniz bölgesinin iç kesimlerinde, Akdeniz Bölgesinin dağlık kırsal kesimlerinde ve Güney Doğu Anadolu bölgesinin bazı kesimlerinde yani Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinde yaygın olarak bulunması ve ekimi yapılmadan kendiliğinden yetişmesidir. Dolayısı ile diğer biyodizel kaynaklarıyla kıyaslandığında avantajlı görünen bu yakıt alternatifinin ayrıntılı olarak araştırılması için

hem dizel yakıtı ile hemde alkoller ile kullanıldığında artı ve eksi yönlerinin tespitinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda önce transesterifikasyon metodu ile menengiç biyodizeli üretilmiş daha sonra üretilen biyodizele %10 oranında propanol ilavesi yapılmış ve [P-10] olarak adlandırılan karışım yakıt elde edilmiştir. Ayrıca menengiç biyodizel yakıtı % 10 oranlarında dizel yakıtı ile karıştırılmış ve B-10 olarak isimlendirilmiştir. Elde edilen test yakıtları, NWK22 dizel jeneratör motorunda 1500 sabit motor devrinde yüksüz ve farklı yük koşullarında [3.54 kW, 7.04 kW, 10,57 kW] denenmiştir.

2.MATERYAL ve METOT

Bu deneyde biyodizel eldesi için kullanılan menengiç yağı Türkiye'nin Siirt ilinden temin edilmiştir. Deneyler Batman Üniversitesi Motor Test Laboratuvarında yapılmıştır. Deneylerde kullanılan motora bir rezistans alıcı bağlanıp 16A, 32A ve 42A yükleme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Motor gücü (P_e) jeneratörün gösterge panosundan okunan akım şiddeti (I) ve gerilim (V) değerlerinin çarpılmasıyla elde edilmiştir. Egzoz gazı emisyonları ölçümünde kullanılan Capelec Cap 3200 marka cihaz özellikleri Tablo 2.1'de ve Dizel Motor Teknik Özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Capelec Cap 3200 Gaz Analiz Cihazın Teknik Özellikleri

| Parametre | Ölçme Aralığı | Hassasiyet |
|-----------------|---------------|------------|
| HC | 0-20000 ppm | 1 ppm |
| CO ₂ | %0-20 | %0,1 |
| CO | %0-15 | %0,001 |
| O ₂ | %0-21,7 | %0,01 |
| NO _x | 0-5000 ppm | 1 ppm |

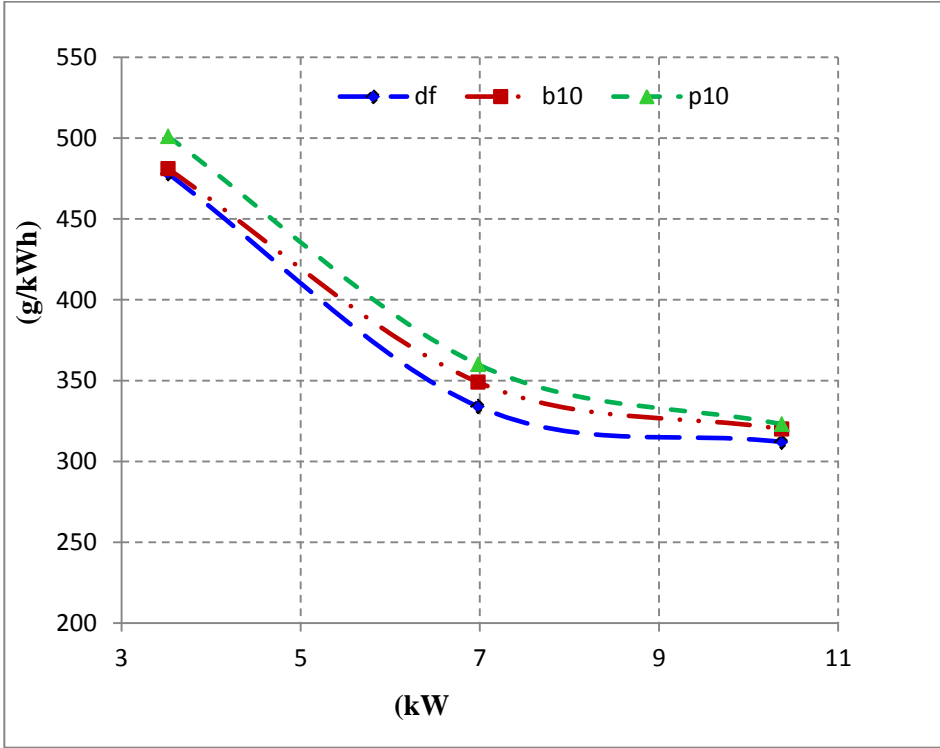
Tablo 2.2. Dizel Motor Teknik Özellikleri

| | |
|-----------------------|------------------|
| Üretici | NWK22 |
| Motor gücü@1500d/d | 18kW |
| Motor soğutma sistemi | Su soğutmalı |
| Emme sistemi | Doğal emişli |
| Motor modeli | 4DW81-23D |
| Çap Strok (mm) | 85x100 |
| Silindir sayısı | 4 |
| Yanma sistemi | Direk enjeksiyon |
| Kompresyon oranı | 17:1 |

3. DENEY SONUÇLARI

3.1. Özgül Yakıt Tüketimi

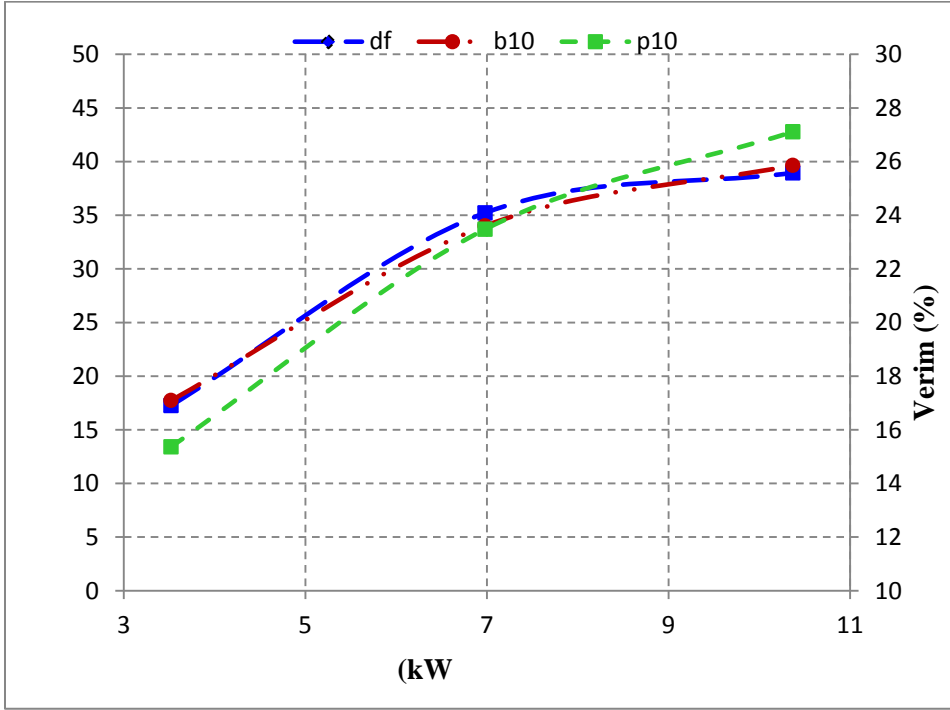
İçten yanmalı motorlarda özgül yakıt tüketimi (öyt); bir birim güç elde edebilmek için tüketilen yakıt miktarı ile ifade edilmektedir. Özgül yakıt tüketimi haritasında, elde edilen bu güç miktarı ve bu gücü elde edebilmek için püskürtülen yakıtın kütlesi oranlandığında yakıt tüketimi kolaylıkla tespit edilebilir. Test yakıtlarının farklı yüklerde özgül yakıt tüketiminin verildiği Şekil 3.1’de B-10 yakıtının düşük ısıl değer kaynaklı olarak df yakıtına oranla % 2,24 g/kWh daha fazla (öyt) gerçekleştiği görülmektedir Aynı grafikteki [P-10] ‘nun df den % 5.90 daha fazla (öyt) gerçekleştirdiği muhtemel sebebinin ise ısıl değeri df’ ye göre daha düşük olan menengiç biyodizeline yapılan % 10 propanol ilavesi ile elde edilen [P-10] yakıtının alt ısıl değerinin daha fazla düşerek aynı miktar enerji eldesi için daha fazla yakıtı ihtiyaç duyulduğudur.



Şekil 3.1 Test Yakıtlarının Motor Gücüne Bağlı Olarak (ÖYT) Değişimleri

3.2. Efektif Verim (η_e)

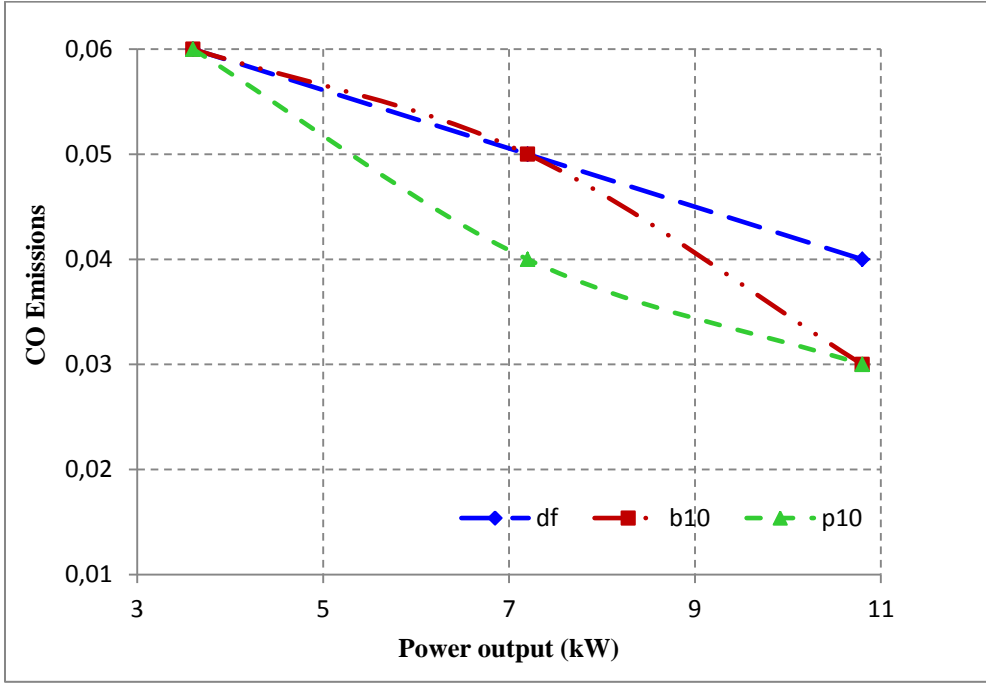
Efektif verim yakıtların motor performansları üzerindeki etkilerini görmek noktasında kritik bir özelliktir. Şekil 3.2.'de efektif verim (η_e) değişimi incelendiğinde yapılan yükleme ile efektif verimlerin arttığı görülmektedir. df ile ortalama % 28.59, B-10 ile % 27.97 oranlarında verimler elde edilmiştir. df yakıtına göre efektif verimdeki azalma, karışım yakıtların alt ısıl değerlerinin düşüklüğünden kaynaklanmaktadır [21]. Şekil 3.1'de P-10 yakıt (öyt) değerinin df yakıt (öyt) değerinden % 6.55 g/kWh daha yüksek olmasına rağmen % 12.12 daha yüksek efektif verim ürettiği, sebebinin ise propanol kimyasal yapısında bulunan oksijenin yanmayı iyileştirdiği şeklinde yorumlanmıştır [21].



Şekil 3.2. Test Yakıtlarının Motor Gücüne Bağlı Olarak Efektif Verim Değişimleri

3.3. Karbon Monoksit (CO)

Dizel motor emisyonlarından olan [CO] oksijenin yetersiz oluşundan veya yanma odasında bazı bölgelerin homojen olmayışından kaynaklanmaktadır [25]. Yanma odası içerisinde oksijen yetersizliği nedeniyle meydana gelen CO emisyonlarının Şekil 3.3'te verilen değişimleri incelendiğinde B-10 yakıtının CO değerlerinin df 'ye oranla ortalama % 10.5'lik azaldığı belirlenmiştir. Biyodizel yakıt içeriğindeki oksijen yüksek olmasının yanmayı iyileştirmesinden kaynaklanmaktadır [22]. df referans yakıt ile P-10 yakıtlarına bakıldığında ise [P-10]'nin df 'ye kıyasla (CO) oranında % 20 gibi etkili bir azalma olduğu görülmektedir. oksijen içeriği fazla olan biyodizel yakıtı yapılan alkol ilavesi ile oksijen içeriğinin daha da arttığı dolayısı ile karbon monoksit (CO) emisyon değerlerini düşürdüğü şeklinde yorumlanmıştır [21]

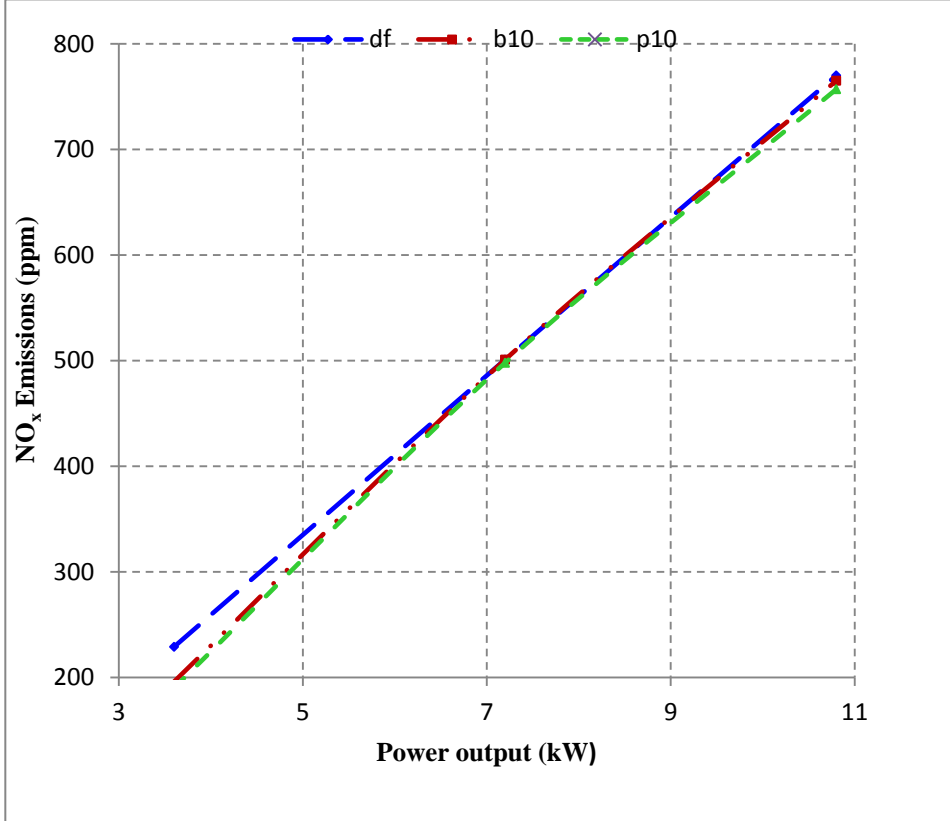


Şekil 3.3. Test Yakıtlarının Motor Gücüne Bağlı Olarak CO Emisyon Değişimleri

3.4. Azot oksit (NO_x)

NO_x oluşumunun başlıca sebebi yanma sonu sıcaklıklarının yüksek olmasıdır. Yanma prosesi boyunca meydana gelen yüksek sıcaklıklar havanın içerisinde bulunan azotun oksijen ile tepkimeye girmesi sonucunda azot oksitler oluşmaktadır. İçten yanmalı motorların silindirlerinin içerisindeki sıcaklıkların yükselmesi NO_x emisyonlarını arttırdığı bilinmektedir. Şekil 3.4'te NO_x değerleri incelendiğinde df yakıtının menengiç biyodizel karışım yakıtından % 4.17 ppm daha fazla NO_x üretmiştir df yakıtındaki bu yüksek NO_x değerinin dizel yakıt kullanımı ile tam yanmaya daha yakın olduğu şeklinde yorumlanmıştır [23-25]. [P-10] kullanılması ile elde edilen toplam [NO_x] değerinin df yakıtının kullanılması ile elde edilen [NO_x] miktarından % 9.11 daha az olduğu görülmektedir. Bu azalmanın biyodizele ilave edilen propanolün buharlaşma ısısının yüksek olmasının silindir içerisindeki yanma sonu

sıcaklıklarını azalttığı dolayısı ile yüksek sıcaklığa bağlı bir emisyon türü olan [NO_x] emisyonlarında bundan dolayı azaldığı düşünülmüştür [26].

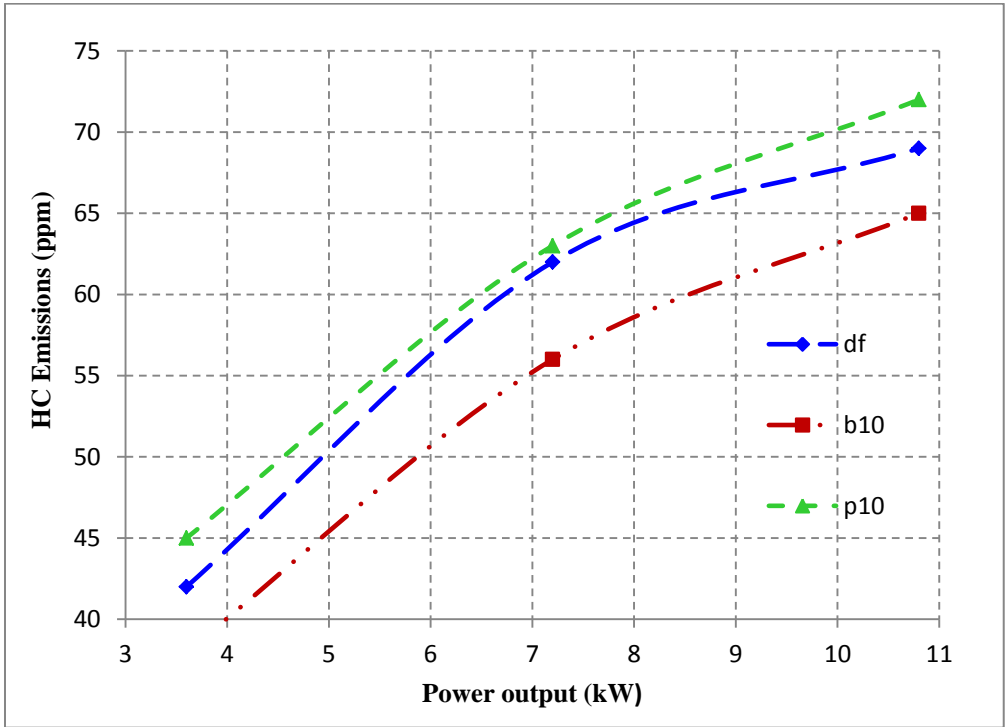


Şekil 3.4 Test Yakıtlarının Motor Gücüne Bağlı Olarak NO_x Emisyon Değişimleri

3.5. Hidrokarbon (HC)

Egzoz emisyonlarında HC muhteviyatı, yakılan yakıtın kısmen veya tamamının yanmadığına işarettir. Dizel motorlarındaki HC emisyonlarının fazla olmasının nedeni, yanma odasındaki bazı bölgelerde karışımın fakir olmasındandır, karışım oranının tutuşma ve yanma sınırının üzerine çıkması alevin sönmesi ile sonuçlandığı düşünülebilir. Şekil 3.5'te [HC]

emisyön değerleri incelendiğinde B-10 yakıtının ürettiği [HC] emisyön değerleri dizel yakıt [HC] değerlerine oranla ortalama olarak % 28,39 daha düşük seyrettiği belirlenirken propanol ilaveli biyodizel yakıtının dizel yakıtına oranla % 35,87 daha fazla [HC] ürettiği tespit edilmiştir. Muhtemel sebebinin propanol alkolün yüksek buharlaşma gizli ısısının ortam sıcaklığını düşürmesi, düşen sıcaklığın da özellikle silindir cidarlarına yakın kısımlarda alev sönmelerine sebep olması, dolayısı ile [HC] emisyönlerinde artışa sebep olmasıdır [27].



Şekil 3.5. Test Yakıtlarının Motor Gücüne Bağlı Olarak HC Emisyön Değişimleri

SONUÇLAR

➤ B10 ve P10 yakıtları düşük ısıl değer kaynaklı olarak df yakıtına oranla daha fazla öyt gerçekleştirmişlerdir.

➤ Efektif verimlerde B10 yakıtında df yakıtına göre azalma olurken P10 yakıtının (öyt) değerinin df yakıt (öyt) değerinden % 6.55 g/kWh daha yüksek olmasına rağmen % 12.12 daha yüksek efektif verim ürettiği, sebebinin ise Propanolün kimyasal yapısında bulunan oksijenin yanmayı iyileştirdiği şeklinde yorumlanmıştır.

➤ B10 ve P10 yakıtlarının df ye oranla daha düşük CO değerleri ürettiği görülürken P10 yakıtındaki düşüşün % 20 gibi etkili bir azalma olduğu görülmektedir.

➤ [HC] emisyon değerleri incelendiğinde B10 yakıtının kullanımı ile df ye oranla düşük seyreden HC emisyon değerlerinin propanol ilaveli biyodizel yakıtının (P10) dizel yakıtına oranla % 35,87 daha fazla [HC] ürettiği tespit edilmiştir.

➤ Sonuç olarak Alkollerin biyodizel yakıtı eklenmesi ile dizel motorlarında modifikasyona gerek kalmadan kullanılabilirliği görülmüştür.

NOMENCLATURE

BT : Batman University

MO : Menengiç Oil

df : Diesel Fuel

CA : Crank Angle, [°]

CO₂ : Carbon Dioxide

H/Y : Hava Yakıt Oranı

B10 : 10% biodiesel + 90% diesel blend

BSFC : Brake Specific Fuel Consumption

BTE : Brake Thermal Efficiency

CO : Carbon Monoxide

NO_x : Nitrogen Oxides

KAYNAKLAR

- [1] Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A. (1994). Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği, Teknik Eğitim Vakfı Yayınları 3, Ankara, 1994.
- [2] Alkaya, B., Yıldırım, M. A., (2000). Taşıt Kaynaklı Kirleticilerin Azaltılma Yöntemleri. Ekoloji Çevre Dergisi, Ocak-Şubat-Mart 2000, 9(34):15-20, 2000.
- [3] Aydın, H. ve Bayındır, H., 2010. Performance and emission analysis of cottonseed oil methyl ester in a diesel engine. Renewable Energy, **35**(3): p. 588-592.
- [4] Keven, A., Öner, C. ve Altun, Ş., 2008. Fındık Yağı Biyodizelinin Alternatif Yakıt Olarak Bir Dizel Motorunda Kullanılması. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları
- [5] Ladanai, S. and Vinterback, J. (2009). “Global Potential of Sustainable Biomass for Energy”. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. p32.
- [6] Keeney, D. (2009). “Ethanol USA” Environmental Science and Technology. 43(1): 8-11.
- [7] WWF (2002). “Oil palm plantations and deforestation in Indonesia. What role do Europe and Germany play?”. Website: <http://assets.panda.org/downloads/oilpalmindonesia.pdf> (Access date: 10.10.2010)
- [8] Gökçe, O Mikroalgler Enerji Problemine Çözüm mü? Sayı : 38 Sayı (Nisan - Haziran 2013)
- [9] Ayşe Neslihan SAY, Ülker Diler KERİŞ, Ünal ŞEN, Mirat D. GÜROL VIII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’10 1-5 Aralık 2010, Bursa

- [10] A.N. Say, Ü.D. Keriş, Ü. Şen, M.D. Gürol, Mikroalglerden Biyokütle Enerjisi Üretimi ve Türkiye, 8. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı (2010), 263-271.
- [11] Eyidoğan, M. (2009) Etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının buji ateşlemeli bir motorun yanma karakteristiği ve egzoz emisyonlarına etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [12] Durgun, O., “Benzin motorlarında etil alkol kullanılması”, TMMOB Müh. ve Mak. Derg., 29, 347 , 24-26, 1988
- [13] Jiang O., Ottikkutti P., Gerpen J., Van Meter D. “The effect of alcohol fumigation on diesel flame temperature and emissions”. SAE 1990;900386:1–24, (1990).
- [14] Çanakçı, M. (2006) Atık yağların biyodizelde kullanımı ve performans etkileri, Kocaeli Sanayi Odası.
- [15] Uslu, K. (2006) Dizel motorlarında farklı püskürtme avanslarında dizel yakıtı+ethanol kullanımının performans ve emisyonlara etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [16] Akyaz, S. (2007) Benzin–tersiyer bütül alkol ve benzin naftalin karışımlarının buji ateşlemeli motorun performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [17] Usta, N. Can, Ö. Öztürk, E. (2005) Alternatif Dizel Motor Yakıtı Olarak Biyodizel Ve Etanolün Karşılaştırılması Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 11(3): 325-334
- [18] Yücesu, H. S. Topgül, T. Çınar, C. Okur, M. (2006) Effect of Ethanol–Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust

Emissions in Different Compression Ratios, Applied Thermal Engineering, 26(9): 2272-2278.

- [19] Çelikten, İ., (2004) Tam yükte çalışan indirekt püskürtmeli bir dizel motorda, dizel ve dizel etanol yakıt karışımlarının performans ve emisyon değişimlerine etkisi, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, 7(1): 11-18.
- [20] Çelik M. B. Çolak, A. (2008). Buji ateşlemeli bir motorda alternatif yakıt olarak saf etanol'un kullanılması", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Ankara, 23(3): 622–625.
- [21] Okatan, K., 1998. Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Enjeksiyon Sisteminin Motor Performansına Etkileri, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ağustos, Ankara,
- [22] Labeckas, G. and Slavinskas, S., 2006. The Effect of Rapeseed Oil Methyl Ester on Direct Injection Diesel Engine Performance and Exhaust Emissions, Energy Convers Manage, 47, 1954–1967.
- [23] Tuccar, G. ve Aydın, K., 2013. Evaluation of methyl ester of microalgae oil as fuel in a diesel engine, Fuel 112, 203-207.
- [24] Tüccar, G., 2011. Biodiesel Production From Microalgae. Msc Thesis Çukurova University Institute Of Natural And Applied Sciences, Adana
- [25] Niraj, S., Topare, V. and C, Renge., 2011. Biodiesel from Algae Oil as an Alternative Fuel for Diesel Engine, 2(2-3), 116-120 May-December.
- [26] Türkcan, A. Çanakçı, M. Özsezen, A. Sayın, C. (2009) Bir dizel motorda yanma karakteristiklerinin incelenmesi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21(1): 1- 10.

- [27] Eyidoğan, M., anakcđ, M., zsezen, A.N., Alptekin, E., Türkcan, A. ve Kılıçaslan, İ., 2011. Etanol-Benzin Ve Metanol-Benzin Karışımlarının Buji İle Ateşlemeli Bir Motorun Yanma Parametrelerine Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi, J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. 26(3), 499-507

BÖLÜM4

**GAZİANTEP’TE KAMPÜS İÇERİSİNDE
KURULMASI PLANLANAN 1KW GÜCÜNDE
GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ EKONOMİK
ANALİZİ**

Dr. Arş. Gör. İpek ATİK

GAZİANTEP’TE KAMPÜS İÇERİSİNDE KURULMASI PLANLANAN 1KW GÜCÜNDE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ EKONOMİK ANALİZİ

ECONOMIC ANALYSIS OF 1KW SOLAR POWER PLANT PLANNED TO BE ESTABLISHED IN CAMPUS IN GAZİANTEP

İpek ATİK

*Dr. Arş. Gör., Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik
Mühendisliği Bölümü (Sorumlu Yazar)*

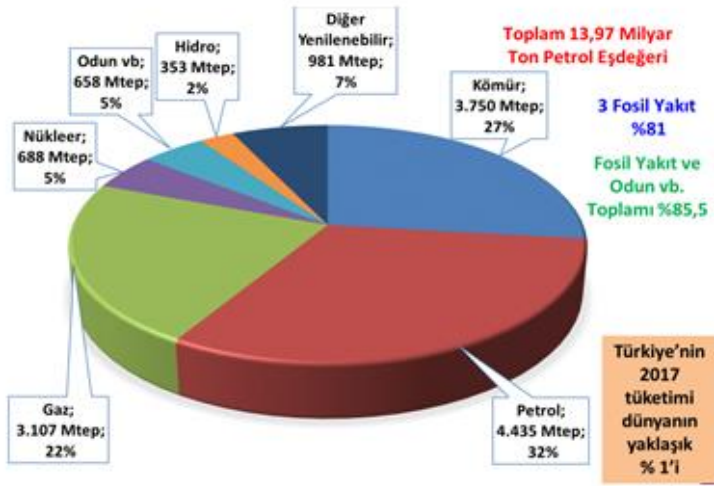
1. GİRİŞ

Gelişen Dünya’da enerji ihtiyacı sürekli artmakta bu da ülkeleri farklı kaynak arayışlarına yönlendirmektedir. Fosil kaynakların sınırlı ve tükeniyor olması bu konudaki talepleri daha da arttırmaktadır. Ayrıca ülkelerin gelişmişlik seviyelerinin belirlenmesinde önemli rol oynayan dışa bağımlılık enerji konusunda da mevcuttur. Ülkeler kendi enerjisini ürettiği ve dışa bağımlılığını azalttığı sürece gelişmişlik seviyeleri artar. Dünyadaki fosil kaynak rezervleri incelendiğinde en çok kullanılan kaynakların kömür, petrol ve doğalgaz olduğu bilinmektedir. Bu kaynakların rezervlerine bakıldığında petrol rezervlerinin %56’lık kısmının Ortadoğu’da, doğalgaz rezervlerinin yaklaşık %73’lük kısmının Hazar Bölgesi, Rusya ve Ortadoğu’da, kömür rezervlerinin ise %78 i ABD, Rusya ve Çin’de bulunmaktadır. Dünya genelinde yapılan değerlendirme ve tahminlere göre petrol rezervlerinin 51, doğalgaz rezervlerinin 53, kömür rezervlerinin ise 114 yıllık bir ömre sahip olduğu ön görülmektedir [1,2].

Dünya geneline bakıldığında fosil kaynak rezervlerine ulaşım sıkıntı ve kaynakların azalması ile yenilenebilir kaynaklar konusunda daha hızlı adımlar atılmaktadır. Örneğin elektrik üretiminde 2007 yılında hidrolik

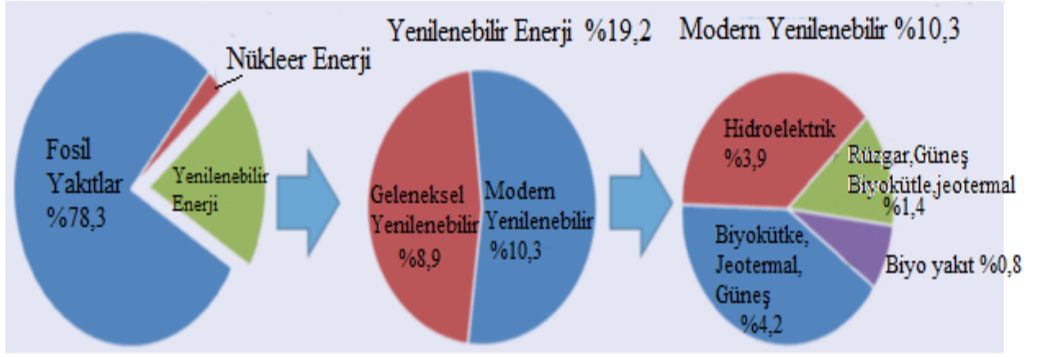
dışında yenilenebilir kaynak kurulu güç %2,5 iken 2030 yılında %8,6'ya çıkacağı tahmin edilmektedir.

Ülkemiz Türkiye ise fosil kaynaklar bakımından maalesef zengin bir ülke değildir. Ülkemizde bulunan kaynakların rezervlerin Dünya'da ki kaynaklara bakıldığında yüzde bir oranındadır. Ülkemizde 2017 yılı verilerine göre elektrik üretiminde %48,6'lık kısmının doğalgazdan, %21,7'lik kısmının kömürden, %18,5'i hidrolik kaynaklardan ve %6,6'lık kısmı ithal kömürden sağlanmıştır. Geriye kalan kısımda ise %1,1'lik kısmı ise rüzgâr, jeotermal ve biyogazdan üretilmiştir. Dünya genelinde birincil enerji üretiminde kullanılan kaynakların oranı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Dünya birincil enerji tüketim oranlarını kaynak bazında dağılımı (MilyonTep, %), 2017 [3,4]

Şekilden görüldüğü üzere birincil kaynak kullanımında %32,8'lik oranla petrol, %29'luk oranla kömür ve %24,2'lik oranla doğalgaz ilk üçtedir. Yenilenebilir enerji kaynakların oranı 2018 yılı itibari ile hidrolik hariç %7 oranındadır. Dünya geneli enerji tüketiminin enerji çeşitlerine göre dağılımları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Dünya'daki enerji tüketim oranlarının enerji çeşidine göre dağılımı, 2017 [5]

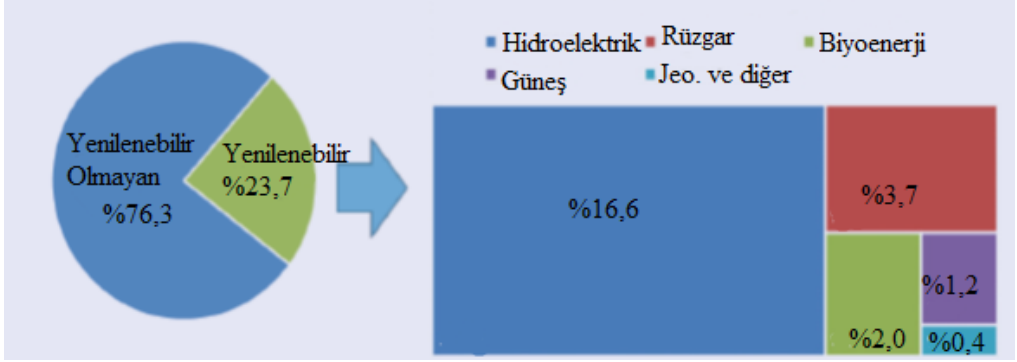
Ülkemiz fosil kaynak rezervleri bakımından yeterli olmasa da yenilenebilir kaynak potansiyeli yüksek bir ülkedir. Türkiye'nin yenilenebilir kaynak potansiyeli verileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye'deki yenilenebilir kaynak potansiyeli [4,5]

| Kaynak | Potansiyel |
|-----------|---|
| Hidrolik | 129.4 milyar kWh/yıl |
| Doğalgaz | 7.0 milyar m ³ |
| Rüzgar | Çok verimli 80,000 MW Orta verimli 40,000 MW |
| Jeotermal | 32,010 MWt |
| Biyokütle | 8,6 Mtep |
| Güneş | 32,6 Mtep |

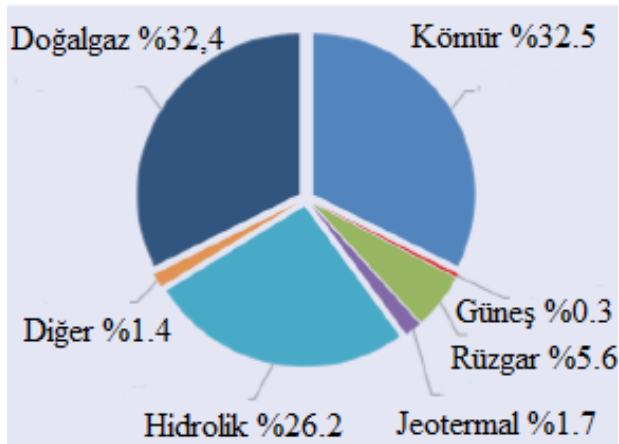
Ülkemiz yenilenebilir enerji konusunda bu kadar potansiyeli varken maalesef elektrik üretiminde yüksek oranda kullanım mevcut değildir. Özellikle artan sanayileşme ile birlikte elektrik tüketimi artmış ve bu konuda yenilenebilir enerjiden daha fazla faydalanma ihtiyacı

doğmaktadır. Ülkemizde ve Dünyada elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji oranı ve fosil kaynak oranları Şekil’3de verilmiştir.



Şekil 3.Dünya Genelinde Yenilenebilir enerji kullanım oranı [6]

Şekilden görüldüğü üzere Dünya genelinde elektrik üretiminde yenilenebilir olmayan enerji oranı %76,3 iken yenilenebilir enerji kullanım oranı %23,7’dir. Elektrik üretiminin büyük bir payı hidroelektrik santrallerden karşılanmaktadır. Ülkemizde de elektrik enerjisinden elektrik üretiminde en yüksek paya hidroelektrik santraller sahiptir. Şekil 4’de Türkiye’de elektrik üretiminde kullanılan enerji yüzdeleri kaynak bazında dağılımı verilmiştir.



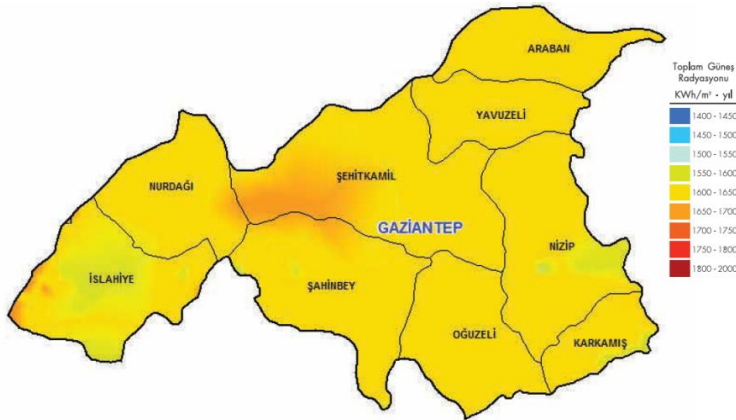
Şekil 4. Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi,2017 [6-8]

Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi verileri incelendiğinde öncelikli olarak fosil kaynak kullanımının yaygın olduğu, daha sonra ise hidrolik kaynakların yüksek paya sahip olduğu görülmektedir. Ülkemizin güneş enerji potansiyeli çok olmasına rağmen kullanımda istenilen bir paya sahip değildir. Çalışmamız da Gaziantep İlinde bulunan kampüs için yapılacak güneş enerji santrali hakkında maliyet analizi yapılacaktır. Bölgemizin güneş enerji potansiyeli incelenmiştir.

2.ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1 Gaziantep Güneş enerjisi

Türkiye geneli güneş enerji potansiyeli bakımından iyi coğrafyaya sahiptir. Türkiye geneli yıllık ortalama güneşlenme 2640, günlük ortalama 7,2 'dir. Işınım değeri ortalaması 1.311 kWh/m²-yıl'dır. Gaziantep İli ise Türkiye'nin güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunur ve Türkiye geneli en yüksek güneşlenme süresine sahip olan bölge bu bölgedir. Gaziantep İli Güneş radyasyon değerleri Şekil 5'te verilmiştir [9].



Şekil 5. Gaziantep İli Güneş Radyasyon Haritası [8]

Gaziantep İlinin günlük toplam güneşlenme süresi 8.19 saat, yıllık toplamda ise 29718 saattir. Güneşlenme enerjisi 1586 kWh/m²'dir. Yıl içerisinde geçen güneşli gün sayısı 330'dur.

Bu şartlar incelendiğinde özellikle güneş santrali kurmak için gerekli olan 1500 kWh/m² değerinin üzerinde güneşlenme enerjisine sahip olduğu için santral kurmak için uygundur.

2.2 Güneş Enerjisi Santrali

Güneş enerji santrali kurulumunda gereken temel ve yardımcı ekipmanlar güneş paneli, akülü sistemler için akü grubu, şarj kontrol ünitesi, inverter, sayaç, kablo, konstrüksiyon malzemeleri ve montaj malzemeleridir. Güneş enerji santrali kurulumunda maliyetin %60 ile %80'lik kısmını güneş pilleri karşılamaktadır.

Ayrıca uygun güneşlenme şartlarının sağlandığı, tarım arazisi olmayan alana ihtiyaç vardır.

2.3 Güneş Panelleri (Fotovoltaik Sistemler)

Güneş pilleri yüzeyine gelen güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken yapıya sahip maddelerdir. %5 ile %70 arasında bir verimle çalışırlar.

Güneş pilleri kristal yapısına ve kullanılan malzemeye göre farklılıklar göstermektedir. İçeriğinde genel anlamda silisyum maddesini içerir. PV paneller içeriğinde bulunan silisyumun tek katlı ve çok kristalli olmasına göre mono ve polikristal olarak sınıflandırılır. Ayrıca ince film güneş panelleri vardır. Şekil 6'da güneş pili yarı iletken yapısı gösterilmiştir [10].



Şekil 6. Güneş Pili yarı iletken yapısı [10]

Monokristal güneş hücreleri; bu tip hücreler %20-22 arasında verimle çalışır. Üretiminde kullanılan silikon malzemenin saflığına göre verim değeri değişir. Mono kristal hücrenin görseli Şekil 7’de verilmiştir [10-11].



Şekil 7. Monokristal güneş hücresi [12]

Polikristal güneş hücreleri; kullanımını en yaygın olan güneş panelleridir. Verimlilik değerleri mono kristal panellerden düşüktür fakat ömrü 20-25 senedir [13]. Yapısı monokristal hücrelere göre daha hassastır. Şekil 8’de polikristal hücreye ait görsel verilmiştir.



Şekil 8. Polikristal güneş hücresi [12]

İnce film güneş hücreleri; Hafif ve ince yapıda üretilen bu tip hücrelerin verimlilik değerleri %8 civarındadır. Maliyeti düşüktür ve kurulumu yapısından dolayı kolaydır. Yapısında amorf silikon madde kullanılır.

İnverter; İnverterler doğru akımı alternatif akıma dönüştüren sistemlerdir. Güneş enerji santrallerinde de güneş hücrelerinde üretilen doğru akımı, evlerde kullandığımız 220 V alternatif akıma dönüştürmektedir. Artık uzaktan izlenebilme özelliği ile veri değerleri uzaktan da izlenebilmekte kayda alınabilmektedir. Güneş enerji santrallerinde merkezi ya da bölünmüş inverterler kullanılmaktadır. Fakat bu tür yapılarda merkezi invertere kadar olan DC kablo kullanımı fazla olmakta ve DC kablo hassasiyetinden dolayı pek verimli olmamaktadır. Bakım ve onarım konusunda sıkıntılar yaşanabilmektedir. Dizi inverter kullanımında ise herhangi bir sorun halinde tüm sistem kapatılmak zorunda kalmaz. Sadece sorun olan kısım devreden çıkarılır onarımı yapılır ve tekrar sisteme bağlanır. Burada AC kablolanama fazladır ve bu

da maliyeti arttırır. Şekil 9’da a) merkezi ve b) dizi inverter sistemleri verilmiştir [14].



Şekil 9. a) Merkezi inverter sistemi (Voltimum, 2019), b) Dizi tipi inverter sistemi [14]

Kablolama; Enerji iletiminin düzgün ve sağlıklı ilerlememesi için kablolama önemlidir. DC Kablolar güneşten v hava koşullarından fazla etkilenmemesi için panel altlarından iletimi sağlanır. AC kabloların ise çapı DC kablolarına göre geniş olduğundan toprak altından iletilir. DC ve AC kablolar iyi izole edilmeli ve güvenlik önlemleri alınmalıdır. Aksi takdirde ark oluşumları vs sistemin hasar görmesine hata vermesine sebep olur [15-17].

Çift Yönlü Sayaç; Elektrik üretimi ve aynı zamanda tüketimi de gerçekleştirilen santral tiplerinde kullanılır. Üretilen ve tüketilen enerji saat bazında kaydedilir. Ay sonunda dağıtım şirketi kullanımı belirler ve fiyatlandırır.

Kampüs içi yer seçimi; Üniversitemiz Gaziantep Kızıl hisar bölgesinde yer almaktadır. Arazi olarak yüksek ve etrafında gölgelenme etkisi olmayan, uygun yer seçimi aşağıda Şekil 10'daki gibi belirlenmiştir. Paneller için yaklaşık 8 m² alan yeterli olacaktır.



Şekil 10. Kampüs içi yer seçimi

2.4 1 KW santral için maliyet hesabı

Santral kurulumunda güneş enerji paneli seçimi maliyeti önemli ölçüde etkiler. Bu konuda piyasa bulunan verimlilik değeri yüksek ve maliyeti

uygun ürünler seçilmelidir. Güneş panellerinin ortalama saatte yaklaşık 8Ah akım üretir ortalama güneşlenme süresini yaklaşık 5 saat olarak aldığımızda 1 gün içerisinde 1 adet güneş panelinden toplam 40Ah akım üretmiş oluruz. Toplamda her biri 250 W gücünde 4 adet güneş paneli kullanmamız yeterli olacaktır. İnverter olarak 2400W Tam sinüs inverter kullanacağız. Şarj kontrol ünitesi 50mAh şarj kontrol cihazı yeterli olacaktır Gereken malzemeye fiyat listesi Tablo 2’de verilmiştir [18].

Tablo 2. Santral için gerekli malzeme fiyat listesi [16-19]

| Ürün | Adet | Birim Fiyat | Toplam |
|---|------|-------------|--------|
| 270 W Polikristal PV Panel | 4 | 220 \$ | 880\$ |
| Inverter 3.000 VA (AC), 2400W, | 1 | 1260 \$ | 1240\$ |
| 10 mt 6 mm ² Solar Kablo (Konnektörlü), 2 Set Paralel Bağlantı Konnektörü ve Bağlantı Aparatları | 2 | 40\$ | 90\$ |
| Çift Yönlü Sayaç | 1 | 270\$ | 270\$ |
| TOPLAM | | 2480 \$ | |

3.SONUÇLAR

Dünya’daki ve Türkiye’deki mevcut enerji durum incelendiğinde yenilenebilir kaynaklara olan talebin gittikçe artması çok önemlidir. Fosil kaynak rezervleri azalmaktadır ve ülkemiz fosil kaynak rezervleri konusunda zengin bir ülke değildir. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynakları konusunda yüksek potansiyele sahip ülkemizin enerji

ihtiyacını yenilenebilir kaynaklardan sağlaması yönünde teşvik edilmelidir. Çalışmamızda Türkiye’de güneydoğu Anadolu bölgesi Gaziantep İlinde bulunan üniversite kampüsümüz içerisinde kurulması planlanan 1KW’lık güneş enerji santrali için yer ve maliyet analizi yapılmıştır. Bu konuda hem üniversitemize temiz enerji kaynağı oluşturulacak hem de öğrencilerimiz yenilenebilir enerji konusunda uygulama ile birlikte teşvik edilecektir. 1 kW’lık santral yapımından sonra daha büyük projeler için adım atılacaktır. Yapılan analizlere göre 1kW’lık santral için 4 adet 270W’lık güneş paneli, 1 adet Tam sinüs inverter, kablolama ve çift yönlü sayaç ile toplam maliyet yaklaşık 2480 dolardır. Bu maliyet kullanılan malzeme kalitesine göre arttırılıp düşürülebilir. İşçilik masrafları maliyete dahil değildir. Bu durum da yapılan bir tesis 20-25 sene ömürlü olacaktır. Güneş enerjisi santralleri çok bakım gerektirmeyen, temiz ve güvenilir üretim sistemleridir. Ayrıca güneş enerjisi sonsuz ve sınırsız olduğu için kesintiye uğramamaktadır. Sistem amortisman süresi yaklaşık 7 ila 10 sene arasında değişmektedir.

4. KAYNAKLAR

1-Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2016) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı, ilgili ve ilişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri, www.enerji.gov.tr/File/?path=ROO

T%2F1%2FDocuments%2FMavi%20Kitap%2FMavi_kitap_2016.pd, son erişim tarihi 15.01.2020

2- BP, Statistical Review of World Energy, June 2018. www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf, son erişim tarihi: 10.11.2019.

3- Uluslararası enerji ajansı – dünya enerji görünümü, 2017

4- Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji SETA. Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, Sayı 197. (2017)

- 5- Varınca, K.B. & Gönüllü, M.T., 2006. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, pp.270–275.
- 6- REN21, 2018a. Renewabke energy policy network for the 21. century. Renewables Global Status Report, p. 90- 100.
- 7- REN21, 2018b. Renewabke energy policy network for the 21. century. Renewables Global Status Report, p. 80- 89.6- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, (2018), “Türkiye Enerji Raporu 2018”, Ankara
- 8-Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2017 Strateji Geliştirme Başkanlığı ile Bağlı, “Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü,” www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi_15/mobile/index.html, son erişim tarihi 20.12.2019.
- 9- Enerji Atlası Bülten, <https://www.enerjiatlası.com/sehir/gaziantep/> Erişim Tarihi: 10.01.2019
- 10-Özdemir, G., 2013. İvestment Analysis of Solar Energy Systems. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- 11-Erenetürk, 2019. Erenetürk xl solar energy. Erişim Tarihi: 15.12.2019. <http://ereneturk.com.tr/page396- gayk.html>
- 12-Kocakuşak, R., 2018. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin, Türkiye’deki Önemi ve Ges Kurulum Araştırması. Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- 13-Dağlı, E., 2018. Ekonomik Analiz Yöntemleri Kullanarak 1MW Güneş Enerjisi Santralinin Değerlendirilmesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1- 25s, Osmaniye.
- 14- Esn, 2019. Dizi tipi inverter. Erişim Tarihi: 02.01.2020. <http://www.esnenerji.com.tr/yenilenebilir-enerji-saha-panolarinizatalibiz/>
- 15-Hepsisolar, 2019. Solar DC kablo. Erişim Tarihi: 15.12.2019. http://hepsisolar.com/index.php?route=product/product&path=81&product_id=123&limit=25İndiamart, 2019.

16- Solar AC kablo. Erişim Tarihi: 30.04.2019.<https://www.indiamart.com/proddetail/solar-ac-cable-19085021373.html>17-Raven, 2019. Raven enerji ltd. Őti. Erişim Tarihi: 28.03.2019.

<http://www.ravenenerji.com.tr/projelerimiz/aski-1-2-enerji-nakil-hattideplasesi/>

18-Solarçelik, 2019. Çelik konstrüksiyon. Erişim tarihi: 24.03.2019.<http://www.solarcelik.com/solar-celik-ges-gunes-enerjisi-sistemi-solarcelik-konstruksiyon-profilleri.html>

19-Sbsplazma, 2019. Çelik kontrüksiyon taşıyıcı sistem. Erişim Tarihi: 09.12.2019. <http://www.sbsplazma.com/gunes-enerji-sistemleri-celikleri/4-6/>

BÖLÜM5

**SİKLOİD, EPİSİKLOİD, EVOLVENT EĞRİ
YÜZEYLİ PARÇALARIN MODELLENMESİ VE
FREZELENMESİNDE OPTİMUM İŞLEME
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

**Mahir UZUN
Mehmet Sinan ÇETİN**

SİKLOİD, EPİSİKLOİD, EVOLVENT EĞRİ YÜZEYLİ PARÇALARIN MODELLENMESİ VE FREZELENMESİNDE OPTİMUM İŞLEME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

*MODELING OF CYCLOID, EPICYCLOID, EVOLVENT CURVE
SURFACE PARTS AND DETERMINATION OF OPTIMUM
MILLING PROCESS PARAMETERS*

Mahir UZUN

İnönü Üniversitesi, Makine Mühendisliği Malatya/TURKİYE

Mehmet Sinan ÇETİN

İnönü Üniversitesi, Makine Mühendisliği Malatya/TURKİYE

1.GİRİŞ

Tasarım kavramın günlük hayatımızın ne denli tamamlayıcı bir parçası olduğunu, bindiğimiz otomobilden, binalarda ki asansöre, imalatta kullanılan makine ekipman ve donanımlarına kadar, bu nosyonun nüfuz ettiği sayısız örnek verilebilir. Tasarım gereksinimler olmadan gerçekleştirilecek bir eylem değildir. Gereksinimler soyut bir ifade de olabilir, bir matematik fonksiyonunun tanımlaması da olabilir. Fonksiyonel sistem gereksinimleri tasarımı sınırlayıcılardan birisidir.

Dişli çark mekanizmalarında sabit çevrim oranı ile hız iletimi için hareketin herhangi bir anında temas noktasındaki müşterek normal yuvarlanma dairelerinin değme noktasından (yuvarlanma noktası veya ani dönme merkezi) geçmelidir. Dişli ana kanunu olarak adlandırılan bu hususu sağlayan çok sayıda diş profili olabilir. Bununla birlikte pratikte dişli çark imalatında yaygın olarak evolvent profil kullanılır. Evolvent, bir daire üzerinde kaymadan yuvarlanan bir doğruya ait noktanın geometrik yeridir. Eğer daire bir doğru üzerinde kaymadan yuvarlanırsa daire üzerindeki bir noktanın meydana getirdiği eğriye de Sikloid eğri denir. Bir dairenin başka bir daire üzerinde kaymadan yuvarlanması ile daire üzerindeki bir noktanın meydana getirdiği eğriye de episikloid eğri denir. Kullanılacak yere, aktarılacak devir ve torqa bağlı olarak dişlilerde malzeme olarak plastik, tahta, bronz, döküm, titanyum vs. kullanılmakla birlikte eğer yüksek tork ve devir aktarılacak ise dişlilerde esas olarak çelik kullanılır.

Soğuk iş takım çelikleri giderek artan kullanımına bağlı olarak çeliklerin işlenebilirliği, bu alanda çalışan araştırmacıların daha çok araştırma yapmasına neden olmuştur. Soğuk iş takım çeliklerinin yüksek mekanik özellikleri, talaş kaldırma sırasında kesici takımın üzerine yaptığı etki kesme işlemini olumsuz etkilemektedir [1]. Frezeleme, birçok uygulamalar için yaygın olarak kullanılan önemli talaş kaldırma işlemidir. Talaş kaldırmada asıl amaç, minimum maliyetle maksimum üretim miktarını, takım ömrünün uzun olacak şekilde gerçekleştirmektir. Talaşlı imalat yapılırken yüzey kalitesini kontrol etmek için talaş kaldırmaya etki eden kesme şartlarının, takım aşınması gibi önemli faktörleri kontrol altında tutmak gerekir. Optimum kesme şartlarının seçimi pozitif fayda sağlamak için çok önemlidir[2]. Yüzey frezeleme sonucunda oluşan

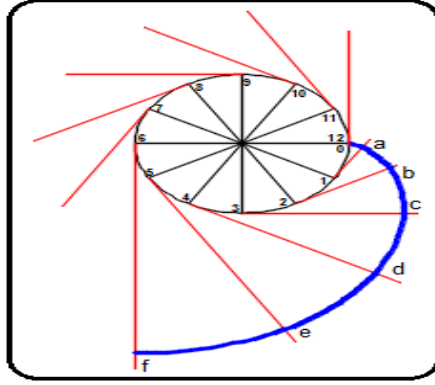
yüzey kalitesi, üretim maliyetlerini ve ürünün teknolojik kalitesini büyük ölçüde etkileyen önemli bir etmendir[3]. Yüzey pürüzlülüğü, yüzey kalitesinin önemli bir göstergesi olmakla beraber, yüksek yüzey pürüzlülüğü makina parçalarının ömürleri üzerinde negatif etkiye sahiptir[4]. Parçaların işlenmesinde, yüzey kalitesi en çok belirtilen müşteri gereksinimlerinden biridir. İşlenmiş parçalarda yüzey kalitesinin en önemli göstergesi yüzey pürüzlülüğüdür[5]. Parça kalitesi gereksinimlerini korumak için takım aşınması, işleme kuvvetleri, takım sapmaları ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki etkileşimlerin anlaşılması önemlidir[6]. Genellikle, takım ucu radyüsü ve ilerleme hızı hariç, yüzey pürüzlülüğü takım titreşimi, takım aşınma durumu ve malzeme karakteristiği veya gerçek kesme işlemindeki diğer nedenlerden etkilenir. Elde edilen gerçek yüzey pürüzlülüğü değerinin genellikle teorik değerden daha büyük olduğu ve kesinlikle homojen bir yüzeyin elde edilemeyeceği anlamına gelir[7]. Takım yolu oluşturma metodunun amacı eğriler ile tasarlanmış parçanın tüm yüzeylerini taramaktır. İdeal olarak, tasarlanmış parça yüzeyleri üzerindeki her bir nokta kesici temas noktası olmalıdır. Diğer bir deyişle, takım yolları birbirlerine oldukça yakın olmalıdırlar. Bu durum işleme zamanının artmasına neden olmaktadır [8]. Takım yolları neredeyse her zaman bir parça yüzeyinden yeterli hassasiyetle üretilebilir. Bununla birlikte, üretilen takım yollarının mevcut yöntemlerle etkinliği, parça yüzeyinin geometrik karmaşıklığına bağlıdır [9]. Talaşlı imalat işleminde enerjinin büyük bir bölümü ısıya dönüşmektedir [8]. Literatürde bu oranın %99 kaydedilmiştir [10]. Oluşan bu ısı iş parçası, takım ve talaşa geçer. Isı iletimi, sıcaklıkların artmasına buda parçada mikro yapıda faz değişimine ve yüzey bütünlüğünün bozulmasına, parçanın ısıl genleşmelerden etkilenerek tolerans

olumsuzluklarına ve takımın aşınmasına yol açar. Kesme sırasında ortaya çıkan sıcaklıkların tespit edilmesi talaşlı imalat sürecinin optimizasyonu için hayati önem arz eder [11].

Parametrik eğri denklemleri ile oluşturulan literatürde mekanik eğriler olarak adlandırılan (Sikloid, Episikloid, Evolvent eğriler) eğri yüzeye sahip deney parçaları ergonomi, fonksiyonel ve yapısal gereklilikler gibi sebeplerden dolayı dişli çarklar, mekanizma tasarımında dolayısıyla otomotiv ve makine endüstrisinde yaygın şekilde kullanılan yapı ve yüzey formları olarak karşılaşılmaktadır. Yapılan literatür çalışması neticesinde mekanik eğriler veya benzeri olmayan eğriler içerisinde nitelendirilen Sikloid, Episikloid ve Evolvent eğri forma sahip yüzeylerin imalatında eğri formların şeklinden kaynaklanan talaşlı imalat sonrasında oluşan boyutsal form hataları, yüzey pürüzlülüğü ve kesici takım aşınması üzerine yapılmış bir çalışmanın eksikliği fark edilmiştir. Bu çalışmada, farklı eğri formlarına sahip yüzeylerin işlenmesi sonrasında işleme süresi ve oluşacak yüzey kalitelerinin belirlenmiş ve optimum işleme koşulları belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu deneysel çalışmada ilk adım olarak, eğri denklemleri kullanılarak eğriler oluşturulmuştur. Evolvent eğri; bir daire üzerinde kaymadan yuvarlanan bir doğruya ait noktanın çizmiş olduğu eğridir (Şekil 1). Evolvent eğri oluşturulurken, eğrinin parametrik eğri denklemleri kullanılmıştır.

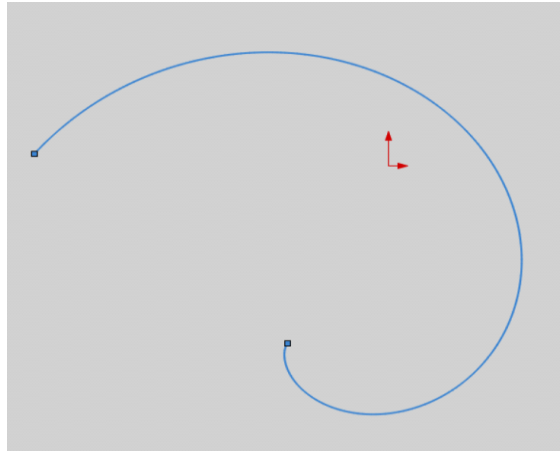


Şekil 1. Evolvent eğri geometrisi [12]

$$x = r(\cos t + (t - a)\sin t)$$

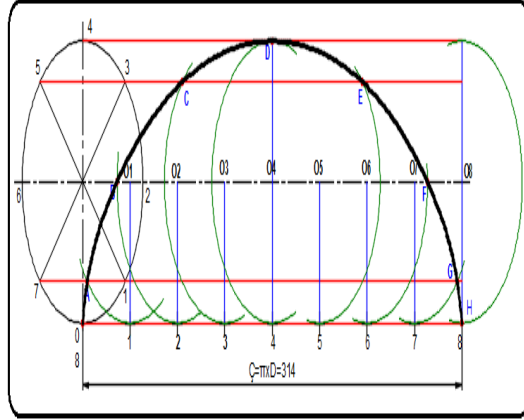
(1)

$$y = r(\sin t - (t - a)\cos t)$$



Şekil 2. Solidworks 2019 programında çizilen evolvent eğri

Sikloid eğri; bir doğru üzerinde kaymadan yuvarlanan bir daireye ait noktanın çizmiş olduğu eğridir (Şekil 3).



Şekil 3. Sikloid eğri geometrisi [12]

Sikloid eğri oluşturulurken, eğrinin parametrik eğri denklemleri kullanılmıştır.

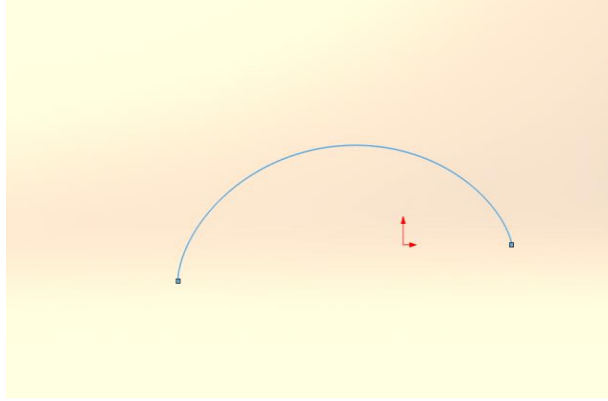
$$x = r(t - \sin t)$$

(3)

$$y = r(1 - \cos t)$$

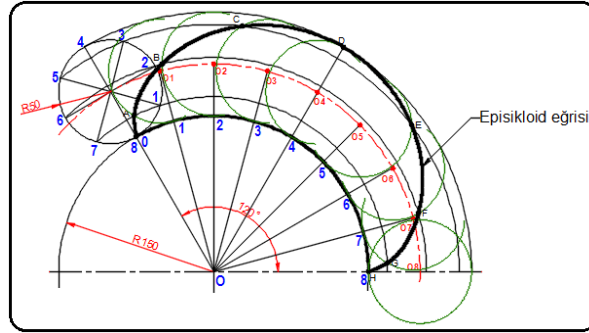
(4)

Burada sınır şartları olarak; $0 \leq t \leq 2\pi$ alınmıştır. 3 ve 4 denklemleri yardımı ile solidworks denklem menüsü kullanılarak sikloid eğri oluşturulmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Solidworks 2019 programında çizilen sikloid eğri

Episikloid eğri; bir daire üzerinde kaymadan yuvarlanan bir daireye ait noktanın çizmiş olduğu eğridir (Şekil 5).



Şekil 5. episikloid eğri geometrisi [12]

Episikloid eğri oluşturulurken, eğrinin parametrik eğri denklemleri kullanılmıştır.

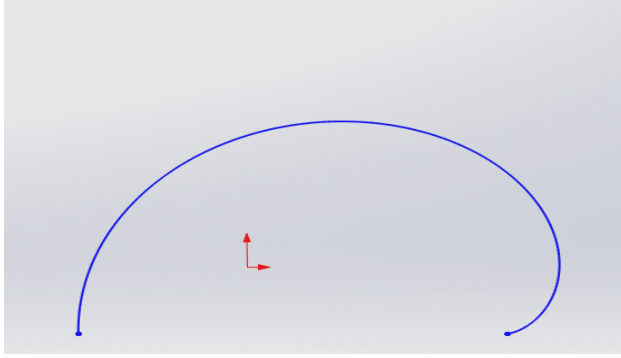
$$x = r(k + 1)\cos t - r\cos(k + 1)t$$

(5)

$$x = r(k + 1)\sin t - r\sin(k + 1)t$$

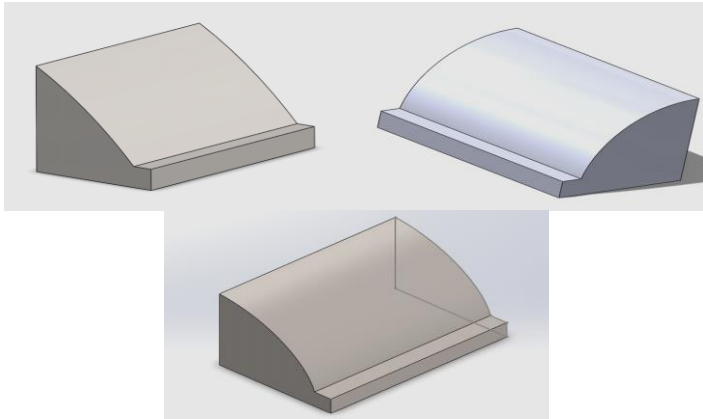
(6)

Burada $k=1$ ve $0 \leq t \leq 2\pi$ alınmıştır. 2 ve 3 yardımı ile solidworks denklem menüsü kullanılarak episikloid eğri oluşturulmuştur (Şekil 6).



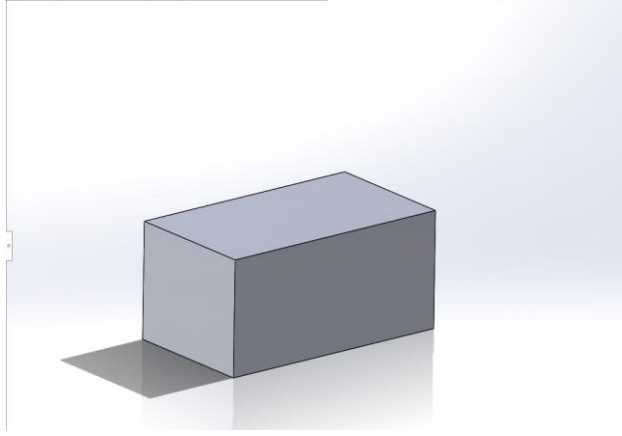
Şekil 6. Solidworks 2019 programında çizilen episikloid eğri

Modellenen eğriler kullanılarak SOLIDCAM2019 Program menüsünden ara yüz sayesinde modeller bu geometriden her üç eğri form için eğri yüzey alanları eşit olacak şekilde katlandı (Şekil 7).



Şekil 7. Evolvent, sikloid, episikloid katı modelleri

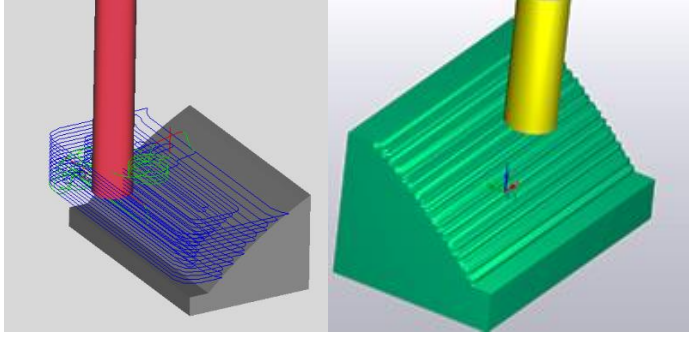
Yapılan deneysel çalışmada her yüzeye eşit talaş şartlarda analiz yapabilmek için bu parçaların boyutlarına sahip eşit hacimde stok kütükler yine SOLIDWORKS2019 programında modellenmiştir (şekil 8).



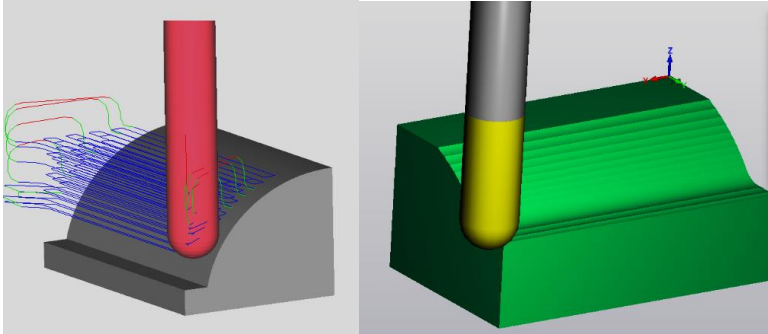
Şekil 8. Episikloid Kütük

Daha sonra bu kütüklerin SOLIDCAM2019 programında, parçaları işlemek için program kütüphanesinde tanımlı olan değişik takım yolları ve kesme ilerleme hızları değişkenleri denenerek optimum değerler araştırılmış ve işleme menüsünden bütün alternatif işleme seçenekleri içinden sabit değişken olarak, iş mili devri için 2500 mm/ dak., ilerleme hızı olarak 300 mm/dev seçilmiştir. Kaba ve ince işleme olarak iki kademeli olarak işleme yapılmıştır. Kaba işleme için SOLIDCAM2019 program kütüphanesindeki farklı takım yolları denenerek optimum değerlere sahip yöntem belirlenmiştir. Parçaların kütüklerden

işlenmesinde HM kaba ve Kontur kaba işleme yöntemleri kullanılmıştır (Şekil 9-10).

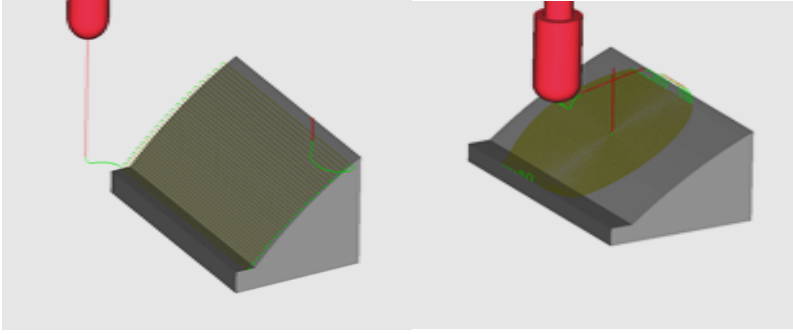


Şekil 9. Evolvent yüzeyli parça kontur kaba işleme metodu takım yolu ve katı simülasyon

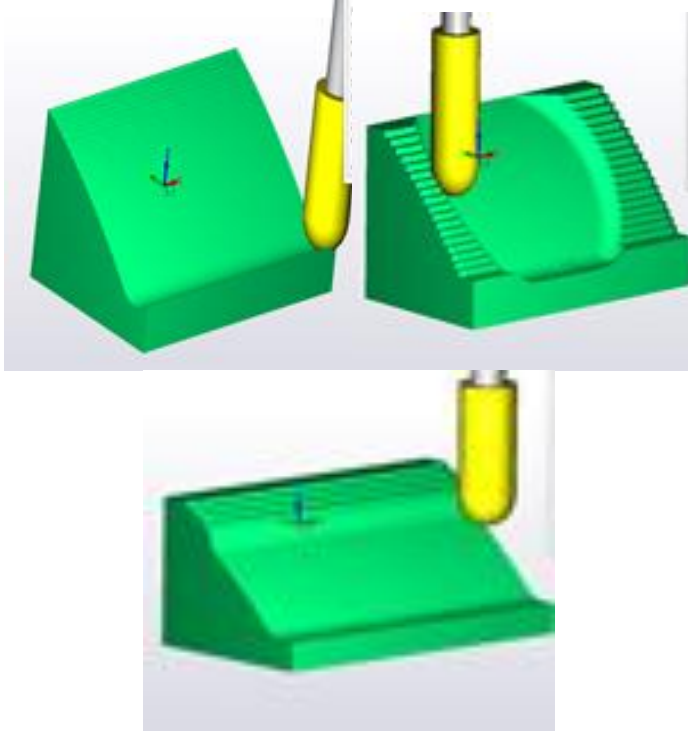


Şekil 10. Episikloid yüzeyli parça HM kaba işleme metodu takım yolu ve katı simülasyon

İnce işleme için Program kütüphanesindeki seçenekler denenmiştir. İşleme süresi ve katı simülasyon yüzey kalitesi referans alınarak seçenekler kıyaslandı ve optimum değerlere sahip seçenek işleme için tercih edilmiştir(şekil 11-12).

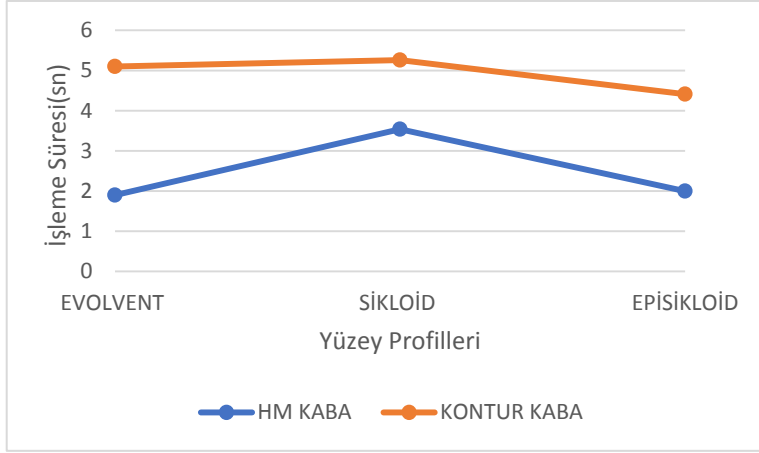


Şekil 11. Evolvent yüzeye sahip deney parçası ince işleme takım yolu

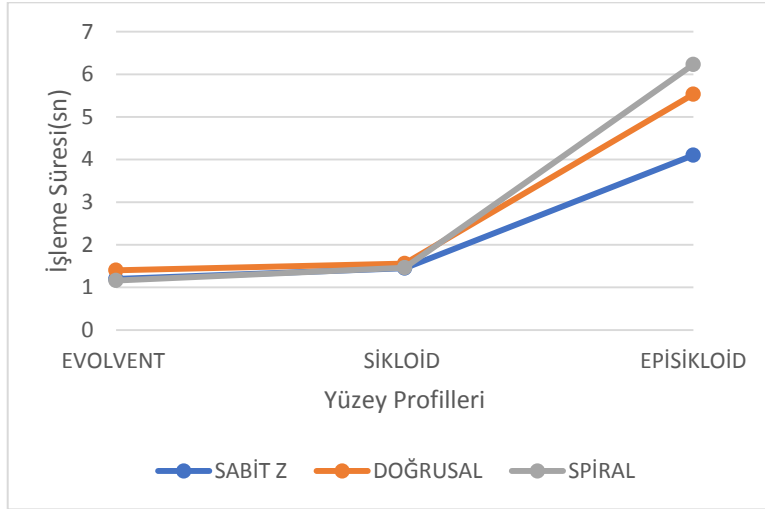


Şekil 12. Evolvent yüzeye sahip deney parçası ince işleme katı simülasyon görüntüleri.

Elde edilen veriler ışığında her üç yüzey profiline sahip parçaların imalat süreleri çıkarılarak grafiğe dökülmüştür(Şekil 13-14).



Şekil 13. Eğri yüzey ve kaba işleme tipine göre işleme süreleri



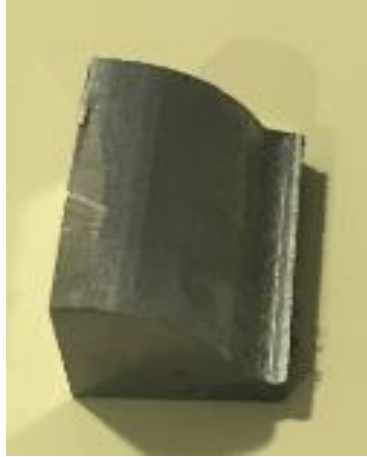
Şekil 14. Eğri yüzey ve ince işleme tipine göre işleme süreleri

Deneylerde, kimyasal bileşimi Tablo1’de verilen AISI D2 soğuk iş takım çeliği malzeme kullanılmıştır. Deney malzemesi için kalınlıkları ayrı ayrı

modellenen kütüklerin boyutunda olmak üzere, AISI D2 soğuk iş takım çeliğinden 3 adet kütük parça hazırlanmıştır. Daha sonra her bir yüzey formuna sahip parça için belirlenen 2000 dev/dak iş mili devri, 300 mm/dev ilerleme hızı, düşey yönde 1mm ilerleme talaş derinliği 0,5 mm, paso ilerleme 0,5, son işlem pasosu 2 mm, takım yanal kayma kaba paso için %60, ince paso için %30 olarak seçilmiştir. Eğri yüzeye sahip parçalar işlenmesi için kaba işlem için HM Kaba işlem metodu ve ince işlem için Doğrusal işlem metodu seçilerek talaşlı imalat gerçekleştirilmiştir(Şekil 15).

Tablo 1. AISI D2 ve soğuk iş takım çeliği malzemenin kimyasal bileşimleri

| AISI/TSE | DIN | C | Si | Mn | P | Cr | Mo | V |
|----------|--------------|------|----|----|---|-------|------|------|
| D2/Ç2379 | X155CrVMo121 | 1,55 | - | - | - | 12,00 | 0,70 | 1,00 |



Şekil 15. Dik işleme merkezinde işlenmiş parça

3. SONUÇLAR

Parametrik eğri denklemleri ile oluşturulan literatürde mekanik eğriler olarak adlandırılan (Sikloid, Episikloid, Evolvent eğriler) eğri yüzeye sahip deney parçalarının eğri formların şeklinden kaynaklanan problemleri talaşlı imalat gerçekleştirilirken ve sonrasında oluşan problemleri araştırmak için yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada SOLİDWORKS 2019 paket programı yardımıyla eğriler, parametrik eğri denklemleri yardımıyla modellenmiştir. Daha sonra elde edilen model eğrilerden Evolvent, Sikloid ve Episikloid eğri forma sahip geometriler elde edilmiştir. Bu geometrilerden de ara yüz yardımıyla eğri yüzeye sahip katı modeller türetilmiştir. Daha sonra her yüzey için kesici takım tarafında öğütülecek eşit talaş miktarı ve hacmi sağlamak için parçaların işleneceği eşit hacimdeki stok parçalar modellenmiştir. Türetilen bu eğri yüzeye sahip deney numunelerinin her birinin yüzey kalitesini attırmak için kaba ve ince işlem olmak üzere iki kademeli işlem şeklinde planlanarak, SOLİDCAM 2019 yardımıyla CAM analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan alternatif işleme seçenekleri denemelerinde kaba işleme deneme seçeneği olarak HM kaba ve Kaba kontur işleme ince işleme içinse Sabit Z, Doğrusal işleme ve Spiral takım yolları baz alınarak CAM simülasyon denemeleri gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyon denemelerinde sabit değişkenler, iş mili devri için 2500 dev/dak ve ilerleme hızı için 300 mm/dev değerleri sabit tutularak kaba ve ince işleme denemeleri simüle edilmiştir. Simülasyon denemelerinde her üç yüzeye sahip parça için ayrı ayrı kaba ve ince işleme seçenekleri simüle edilerek optimum yüzey kalitesi ve optimum işleme süreleri elde

edilmeye çalışılmıştır. Simülasyon sonucunda elde edilen değerler ve görsellerin rehberliğinde, aşağı yönde ilerleme 1 mm, talaş derinliği 0.5, paso ilerleme 0.5, takım yanal kayma kaba işleme için %60, ince işleme bırakılan paso kalınlığı 2mm, ince işlem kademesinde ise yanal kayma %30 olarak tespit edilmiştir. Daha sonra Solidcam programından CAM kodları türetilmiştir. Talaşlı imalat için TAKSAN TMC – 700 CNC Takım tezgâhı kullanılmıştır. Üretilen CAM kodları takıma aktarılarak her üç yüzeye sahip iş parçası için kaba ve ince işleme gerçekleştirilmiştir.

Talaşlı imalatı gerçekleştirilen parçalar için belirlenen bütün referans değerler dikkate alındığında evolvent eğri yüzeyinin, diğerlerinden pozitif yönde ayrıştığı ve deney için ölçü kabul edilen bütün gösterge rakamların daha optimum aralıkta olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma, yüzey kalitesini belirlemede eğrilik yarı çapının önemli bir kriter olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan bu çalışma sonucunda yüzey eğriliğinin yüzey kalitesi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu anlaşılmış ve bu çalışma referans alınarak, işlenen parçalarda belirlenen nominal yüzey formunun işlenen parçaya aktarılmasında etkileri araştırılabilir. Ayrıca yine bu çalışma baz alınarak yüzey eğriliğinin işlemlerde kullanılan kesici takım aşınması üzerine etkileri araştırılabilir. Yapılacak başka bir araştırma da ise yüzey eğriliğinin takımdan yüzeye kuvvet aktarılması ve yüzeyden talaş kaldırılması esnasında yüzey, kesici takım ve iç mili üzerinde oluşan sıcaklıklar ve bu sıcaklığın olumsuz etkileri araştırılabilir.

4. KAYNAKLAR

1. Ulaş, H. B. AISI D2 Ve AISI D3 Soğuk İş Takım Çeliklerinin Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Kesme Kuvvetleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 21(1), 251-256.
2. Sukvittayawong, S. Ve Inasaki, I., Optimization Of Turning Process By Cutting Force Measurement, *JSME Int. J., Series III*, Vol.34, No. 4, (1991)
3. J.Z. Zhang, J.C. Chen, E.D. Kirby, *J. Mater. Process. Technology* 184 233–239, 2007.
4. P. Fabrício José, P. Anderson Paulo de, B. Pedro Paulo, F. João Roberto, S. Messias Borges da Expert Systems with Applications 39 7776–7787, 2012.
5. Özel, T., & Karpaz, Y. Predictive Modeling Of Surface Roughness And Tool Wear In Hard Turning Using Regression And Neural Networks. *International Journal Of Machine Tools And Manufacture*, 45(4-5), 467-479, 2005.
6. C. Maycoln Depianti, B. Antônio César, F. Jr Adonias Ribeiro, *Wear* 317 188–193, 2014.
7. Oliaei, S. N. B., & Karpaz, Y. Influence Of Tool Wear On Machining Forces And Tool Deflections During Micro Milling. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 84(9-12), 1963-1980, 2016.

8. Liu, Q., Zhou, X., & Xu, P. A New Tool Path For Optical Freeform Surface Fast Tool Servo Diamond Turning. Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers, Part B: Journal Of Engineering Manufacture, 228(12), 1721-1726, 2014.
9. Ersoyođlu, A. S., & Ünüvar, A. Serbest Şekilli Yüzeylerin İşlenmesi için Takim Yolu Oluşturulması. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 23(2), 59-70, 2008.
10. Abukhshim, N.A., Mativenga, P.T., Sheikh, M. A., Heat Generation And Mperature Prediction İn Metal Cutting: A Review And İmplications For High Speed Machining. International Journal Of Machine Tools And Manufacture, 46(7-8), 782-800, 2006.
11. Karagüznel, U. Ti6al4v Alaşımının Talaşlı İmalatı Sırasında Termal Kamera İle Sıcaklık Ölçümü Ve Sonlu Elemanlarla Modellenmesi. Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi, 7(2), 265-271.
12. www.draturk.com.tr

BÖLÜM6

**1D SCAPS KULLANARAK $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ BAZLI
PEROVSKİTE GÜNEŞ HÜCRELERİNİN
SAYISAL ANALİZİ VE OPTİMİZASYONU**

**Serhat ERTAN
Veli Yasin OĞUZ
Dr. Öğr. Üyesi Musa ÇADIRCI**

1D SCAPS KULLANARAK $CH_3NH_3SNL_3$ BAZLI PEROVSKİTE GÜNEŞ HÜCRELERİNİN SAYISAL ANALİZİ VE OPTİMİZASYONU

*NUMERICAL ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF $CH_3NH_3SNL_3$
BASED PEROVSKITE SOLAR CELLS USING 1D SCAPS*

Serhat ERTAN

*Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği*

Veli Yasin OĞUZ

*Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği*

Musa ÇADIRCI

*Dr. Öğr. Üyesi, Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği, (Sorumlu Yazar)*

1. GİRİŞ

Dünyamızın temiz enerji kaynaklarına olan ihtiyacı her gün katlanarak artmaktadır. Güneş, enerji kaynakları arasında en uygunu olmasına rağmen yüksek maliyet ve düşük verimlilikten dolayı günümüz silikon fotovoltaik teknolojisiyle güneş enerjisinden faydalanma oranı oldukça düşüktür. Perovskite malzeme bazlı fotovoltaik teknolojisi bu sorunu

giderebilecek kapasiteye sahip seçenek olarak düşünülmektedir. Perovskite güneş hücrelerinin (PGH) verimliliği 2009 yılında %3.8[1] iken 2019 yılında %25 [2]'e kadar yükselerek muazzam bir ivme kazanmıştır. Bu teknolojinin kısa sürede Shockley–Queisser limitine ulaşacağını ve geliştirilecek hibrit sistemleri ile beraber verimliliğin belirtilen limitin çok üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir[3].

Perovskite malzemelerinde yük taşıyıcı (elektron ve boşluk) mobilite değerleri ve difüzyon mesafeleri diğer fotovoltaik teknolojilerde kullanılan malzemelerdekine göre çok yüksektir[4]. Bundan dolayı elektron ve boşluklar minimum kayıplarla fotoakıma katkıda bulunurlar ve PGH'lerde enerji dönüşüm verimlilikleri yüksek olur. Ayrıca perovskite malzemeleri fazla enerji absorbe etmeye sebep olan yüksek absorpsiyon sabitine sahiptirler[5]. Perovskite bazlı fotovoltaik teknolojilerinin üretim aşamaları yaygın kullanılan silikon bazlı fotovoltaik teknolojilerine göre daha basit ve ekonomiktir. PGH'lerinin günümüzdeki en belirgin dezavantajı çevre şartlarına dayanıklılıklarının az olması ve en yaygın perovskite malzemelerin kurşun (Pb^{+2}) içermeleridir. Pb^{+2} 'nin çevreye olan zararlarından dolayı çevre dostu perovskite malzemeler için arayış sürdürülmektedir. Düşük band aralığı ve yüksek teorik verimliliklerinden[6] dolayı metilamonyum kalay iyodür ($CH_3NH_3SnI_3$) çevre dostu perovskite malzeme adaylarının başında gelmektedir ve birçok uygulaması yapılmıştır[7][8].

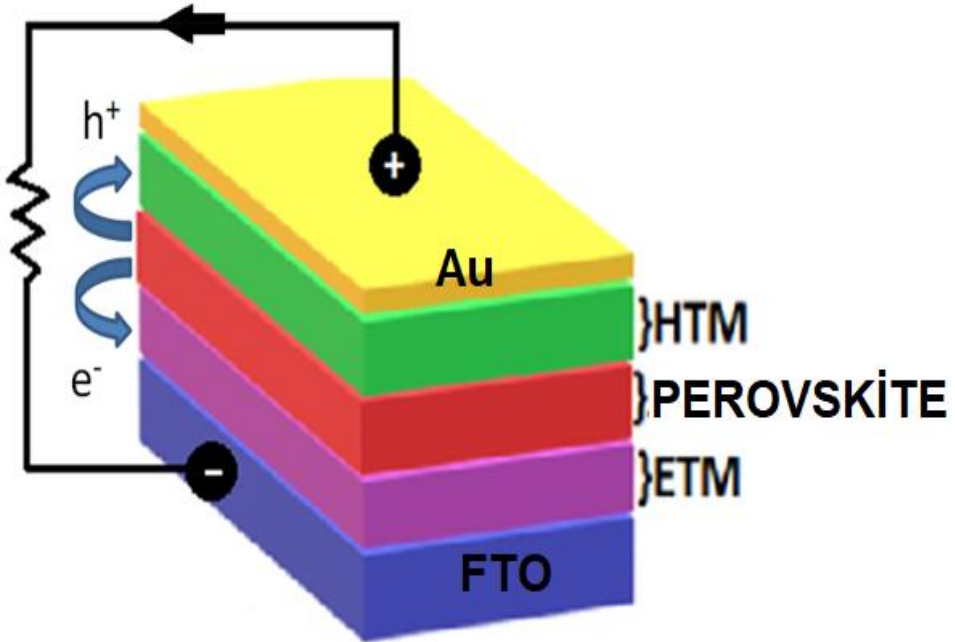
Bu çalışmada drift-difüzyon denklem bazlı 1D SCAPS simülasyon programını kullanarak farklı koşullarda $CH_3NH_3SnI_3$ bazlı PGH verimlilikleri hesaplandı. Hole transfer katmanı (HTM) olarak CuO ve CuI, elektron transfer katmanı (ETM) olarak da TiO_2 ve ZnO seçenekleri ayrı ayrı kullanılarak farklı kalınlıklarda ve farklı HTM atom konsantrasyonlarda verimlilikler karşılaştırıldı. Akım-gerilim grafiklerinden elde edilen açık devre gerilim (V_{oc}) ve kapalı devre akım(J_{sc}) değerleri ile birlikte dolgu faktör değerleri belirlendi.

2. SİMÜLASYON KOŞULLARI

İnce filmlerin elektronik mekanizmalarını ve tasarımlarını optimize etmek için çeşitli programlar geliştirilmiştir[9][10]. SCAPS ince filmlerin drift-

difüzyon denklemlerini kullanarak fotovoltaik performanslarının bir boyutlu olarak hassas hesaplamak için geliştirilen bir yazılımdır. Şekil 1’de görüldüğü gibi PGH yaygın yapı olan cam alt tabaka üzerinde FTO/ETM/Perovskite/HTM/Au katmanları şeklinde modellenmiştir. ETM katmanında TiO_2 ve ZnO ve HTM katmanında CuO ve CuI ayrı ayrı kullanılarak dört farklı kombinasyon hücre oluşturulmuştur. Ön elektrot olarak FTO kaplamalı cam ve arka elektrot olarak altın (Au) metali kullanıldı. Tüm simülasyonlar oda sıcaklığında alınmıştır. PGH fotovoltaik performanslarını hesaplama aşamasında kullanılan tüm malzemelerin parametreleri Tablo 1 ve 2’de listelenmiştir. Parametrelerin alındığı kaynaklar tablo yazılarında belirtilmiştir.

Şekil 1, oluşturulan hücrenin mimarisini ve elektron ve boşlukların hareket yönünü göstermektedir.



Şekil 1. Simülasyonu yapılan PGH mimarisinin şematik gösterimi. (h+:hole, e-:elektron)

Tablo 1. Simülasyonda kullanılan malzemelerin parametreleri.[11][12][13][14][15][16][17][18][19][20]

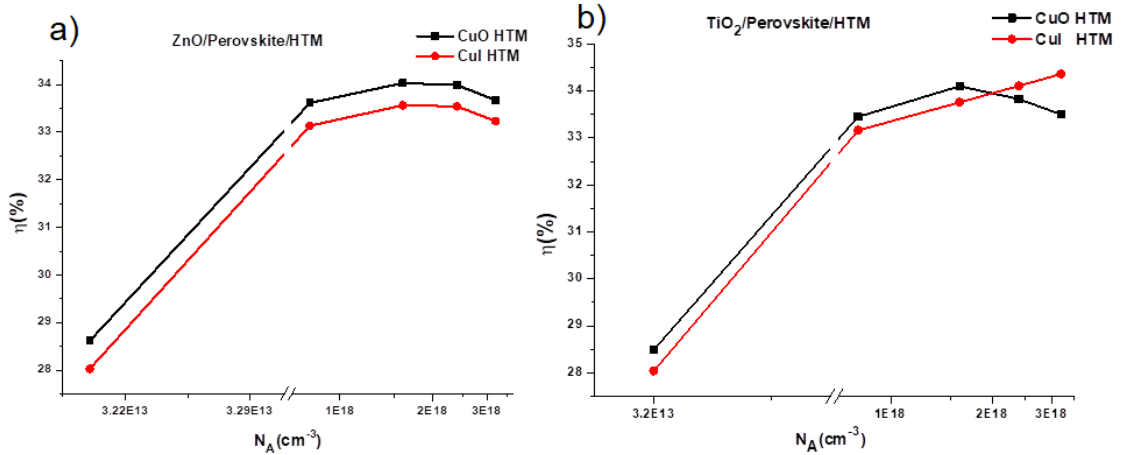
| PARAMETRELER | FTO | ZnO | TiO ₂ | CH ₃ NH ₃ S nI ₃ | CuI | CuO |
|---|----------------------|--------------------|--------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Kalınlık (μm) | 200 | 80 | 0.100 | 0.700 | 100 | 150 |
| Band aralığı (eV) | 3,5 | 3,3 | 3.2 | 1.30 | 2,98 | 1,3 |
| Elektron ilgisi (eV) | 4 | 3,9 | 3.9 | 4.170 | 2,1 | 4,07 |
| Bağlı Dielektrik geçirgenliği | 9 | 9 | 9 | 6.50 | 6,5 | 18,1 |
| İletim bandı etkin enerji yoğunluğu (1/cm ³) | 2.2×10 ₁₈ | 10 ¹⁹ | 10 ²¹ | 10 ¹⁸ | 2,8×10 ₁₉ | 2,2×10 ₁₈ |
| Değerlik bandı etkin enerji yoğunluğu (1/cm ³) | 1.8×10 ₁₉ | 10 ¹⁹ | 2x10 ₀ ² | 10 ¹⁹ | 10 ¹⁹ | 1,8×10 ₁₉ |
| Elektron termal hızı (cm/s) | 10 ⁷ | 10 ⁷ | 10 ⁷ | 10 ⁶ | 10 ⁷ | 10 ⁷ |
| Boşluk termal hızı (cm/s) | 10 ⁷ | 10 ⁷ | 10 ⁷ | 10 ⁶ | 10 ⁷ | 10 ⁷ |
| Elektron Mobilitesi (cm ² /Vs) | 20 | 50 | 20 | 1.6 | 1,69x10 ⁻⁴ | 0,1 |
| Boşluk Mobilitesi (cm ² /Vs) | 10 | 5 | 10 | 1.6 | 1,69x10 ⁻⁴ | 0,1 |
| Donör doping yoğunluğu (1/cm ³) (N _D) | 10 ¹⁸ | 5×10 ₁₇ | 10 ¹⁹ | 0 | 0 | 0 |
| Alıcı doping yoğunluğu (1/cm ³) (N _A) | 0 | 0 | 1.0 | 3.2x10 ¹⁵ | 10 ¹⁸ | 10 ¹⁸ |
| Yüzey Kusur yoğunluğu (1/cm ³) (N _T) | 0 | 10 ¹⁵ | 10 ¹⁵ | 10 ¹⁵ | 10 ¹⁵ | 10 ¹⁵ |

Tablo 2. PGH yapısında kullanılan üst ve alt elektrotların fiziksel parametreleri.

| Elektriksel özellikler | Alt elektrot (FTO) | Karşı elektrot (Altn) |
|--|--------------------|-----------------------|
| Termiyonik emisyon / yüzey rekombinasyonu elektron hızı (cm/s) | 10 ⁷ | 10 ⁵ |
| Termiyonik emisyon / yüzey rekombinasyonu Boşluk hızı (cm/s) | 10 ⁵ | 10 ⁷ |
| Malzeme çalışma fonksiyonu (eV) | 4,4 | 5,1 |

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 2’de $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ perovskite malzemesinin alıcı doping konsantrasyonunun (N_A) ZnO/Perovskite/HTM (a) ve TiO_2 /Perovskite/HTM (b) dizilimlerine sahip PGH’lerinin verimliliklerine (η) etkisi görülmektedir. HTM katmanı olarak CuO ve CuI malzemeleri kullanıldı ve iki durumun performansları karşılaştırıldı. Şekle bakıldığında her iki ETM katmanı için $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ katmanının N_A değeri arttıkça hücre verimliliği arttığı görülmekte ve belirli bir değerden sonra verimlilik sabit kaldıktan sonra düşüşe geçtiği gözlenmektedir. Tablo 1’de görüldüğü gibi pratikte N_A değeri $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ için $\sim 3,2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ seviyelerindedir. Bu sonuç şunu göstermektedir; $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ perovskite malzemesinin N_A değeri herhangi bir şekilde artırılabilirse PGH’nin verimliliğine etkisinin olacağı aşikardır. Diğer taraftan CuO ve CuI malzemeleri karşılaştırıldığında CuO malzemesi her durumda daha iyi sonuçlar vermektedir ve en yüksek verimliliği %34 civarında olduğu görülmektedir.



Şekil 2. ETM katmanı olarak ZnO (a) ve TiO_2 (b) ve HTM katmanı olarak CuO (siyah) ve CuI (kırmızı) kullanıldığında, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ malzemesinin doping konsantrasyonunun PGH verimliliğine etkisi.

Şekil 2 a)’daki durumlar için PGH’lerin hesaplanan fotovoltaik parametreleri Tablo 3’de verilmiştir. Perovskite malzemesi doping değeri arttıkça hem CuI hem de CuO bazlı hücrelerde V_{oc} değerlerinin arttığı, J_{sc}

değerlerinin ise azaldığını görülmektedir. FF değerleri ise verim gibi bir müddet arttıktan sonra düşüşe geçtiği görülmektedir.

Tablo 3. ETM katmanı olarak ZnO ve HTM katmanı olarak CuO ve CuI kullanıldığında, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ malzemesinin doping konsantrasyonunun V_{oc} , J_{sc} , FF değerlerine etkisi.

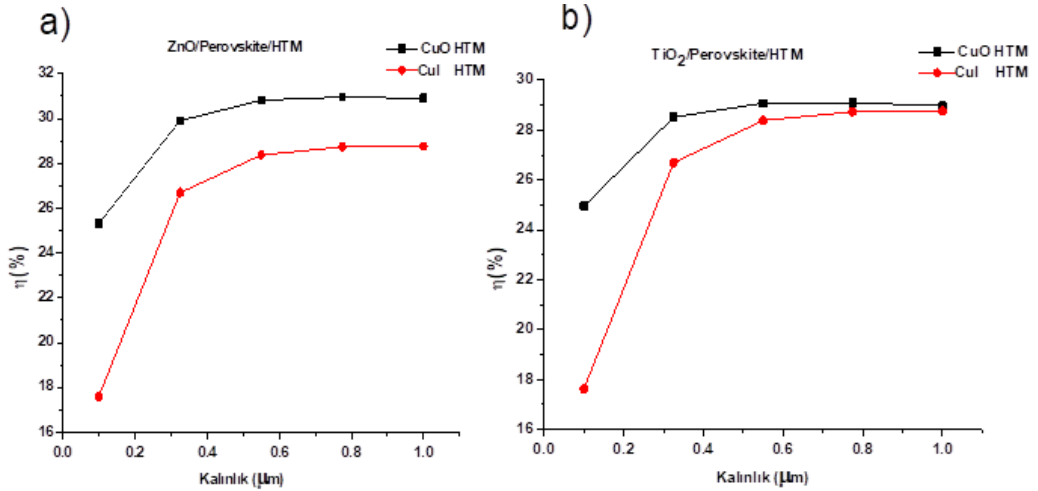
| HTM malzemesi | $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ N_A Değeri (cm^{-3}) | V_{oc} (V) | J_{sc} (mA/cm^2) | FF (%) |
|---------------|--|--------------|--------------------------------------|--------|
| CuI | $3,2 \times 10^{13}$ | 1,01 | 34,46 | 80,11 |
| | $8,0 \times 10^{17}$ | 1,1 | 34,16 | 88,05 |
| | $1,6 \times 10^{18}$ | 1,11 | 34,14 | 87,84 |
| | $2,4 \times 10^{18}$ | 1,12 | 34,1 | 86,96 |
| | $3,2 \times 10^{18}$ | 1,13 | 34,12 | 85,64 |
| CuO | $3,2 \times 10^{13}$ | 1,02 | 34,75 | 81,03 |
| | $8,0 \times 10^{17}$ | 1,1 | 34,55 | 88,27 |
| | $1,6 \times 10^{18}$ | 1,12 | 34,52 | 88,06 |
| | $2,4 \times 10^{18}$ | 1,13 | 34,5 | 87,19 |
| | $3,2 \times 10^{18}$ | 1,14 | 34,48 | 85,86 |

Şekil 2 b)'de ki gibi ETM malzemesi olarak TiO_2 HTM malzemesi olarak CuI ve CuO kullanıldığında elde edilen hücrelerin farklı perovskite malzeme doping oranlarında elde edilen fotovoltaik parametreler Tablo 4'de derlenmiştir. Her iki durumda katkılama oranı V_{oc} ile doğru orantılı, J_{sc} ile ters orantılı olduğu görülmektedir. FF değerleri ise her iki durumda perovskite katkılama oranı ile önce artmakta bir noktadan sonra ise çok az miktarda azalmaktadır.

Tablo 4. ETM katmanı olarak TiO_2 ve HTM katmanı olarak CuO ve CuI kullanıldığında, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ malzemesinin doping konsantrasyonunun V_{oc} , J_{sc} , FF değerlerine etkisi.

| HTM malzemesi | $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ N_A Değeri (cm^{-3}) | V_{OC} (V) | J_{SC} (mA/cm^2) | FF (%) |
|---------------|---|--------------|--------------------------------------|--------|
| CuI | $3,2 \times 10^{13}$ | 1,01 | 34,46 | 80,12 |
| | $8,0 \times 10^{17}$ | 1,1 | 34,19 | 88,08 |
| | $1,6 \times 10^{18}$ | 1,118 | 34,17 | 88,3 |
| | $2,4 \times 10^{18}$ | 1,129 | 34,16 | 88,4 |
| | $3,2 \times 10^{18}$ | 1,136 | 34,15 | 88,5 |
| CuO | $3,2 \times 10^{13}$ | 1,16 | 34,5 | 81,27 |
| | $8,0 \times 10^{17}$ | 1,1 | 34,31 | 88,47 |
| | $1,6 \times 10^{18}$ | 1,12 | 34,29 | 88,24 |
| | $2,4 \times 10^{18}$ | 1,13 | 34,27 | 87,36 |
| | $3,2 \times 10^{18}$ | 1,17 | 34,26 | 86,02 |

Şekil 3’de farklı kalınlıklardaki $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ perovskite katmanının ZnO/Perovskite/HTM (a) ve TiO_2 /Perovskite/HTM (b) dizilimlerine sahip PGH’lerinin verimliliklerine etkileri gösterilmektedir. Her iki dizilim için HTM katmanı olarak CuO ve CuI malzemeleri ayrı ayrı kullanılarak sonuçlar karşılaştırıldı. Grafikteki ölçümler $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ katmanının gerçek değeri olan $3,2 \times 10^{15}$ katkılama oranındaki şartlar altında kaydedilmiştir. Veriler şunu göstermektedir; Perovskite katman kalınlığı arttıkça ZnO bazlı hücre dizilimi için verimliliğin arttığı ve 0.6 μm civarında maksimum değere ulaştığı görülmektedir. Aynı hücre için CuO HTM katmanının gösterdiği performans CuI katmanına göre çok daha iyi olduğunu söylenebilir. TiO_2 bazlı PGH için verimliliğin Perovskite katmanı artışıyla arttığını ve HTM katmanı olarak CuO malzemesi kullanıldığında maksimum verimlilik %29 ile 0.6 μm civarındaki perovskite katmanı kalınlığında alınırken CuI malzemesi kullanıldığında maksimum verimlilik %28 ile 0.8 μm civarındaki perovskite katmanı kalınlığında kaydedildi. Genel olarak CuO malzemesi CuI malzemesine göre daha verimli olduğu görülmekte fakat Şekil 3 (b)’de görüldüğü gibi yaklaşık 1 μm kalınlıktaki $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ malzemesi kullanıldığında, CuO ve CuI malzemeleri aynı performansı gösterdikleri görülmektedir.



Şekil 3. ETM katmanı olarak ZnO (a) ve TiO₂(b) ve HTM katmanı olarak CuO (siyah) ve CuI (kırmızı) kullanıldığında, CH₃NH₃SnI₃ katmanı kalınlığının hücre verimliliğine etkisi.

Verimlilik değerleri Şekil 3 a) da verilen iki hücre için perovskite katman kalınlığı ile V_{oc} , J_{sc} ve FF parametrelerinin değişimleri Tablo 5’de karşılaştırılmıştır. Buna göre hem CuI hem de CuO kullanım durumunda CH₃NH₃SnI₃ kalınlığı arttıkça V_{oc} az miktarda azalmaktadır fakat J_{sc} değerleri büyük oranda artmaktadır. Her iki durumda FF değerleri perovskite kalınlığı ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Perovskite kalınlığı arttıkça daha ışığa ile daha fazla elektron boşluk oluşturmakta ve doğal olarak daha fazla J_{sc} değerlerine ulaşma imkânı sağlanmaktadır.

Tablo 5. ETM katmanı olarak ZnO ve HTM katmanı olarak CuO ve CuI kullanıldığında, CH₃NH₃SnI₃ katmanı kalınlığının hücrenin V_{oc} , J_{sc} , FF parametrelerine etkisi.

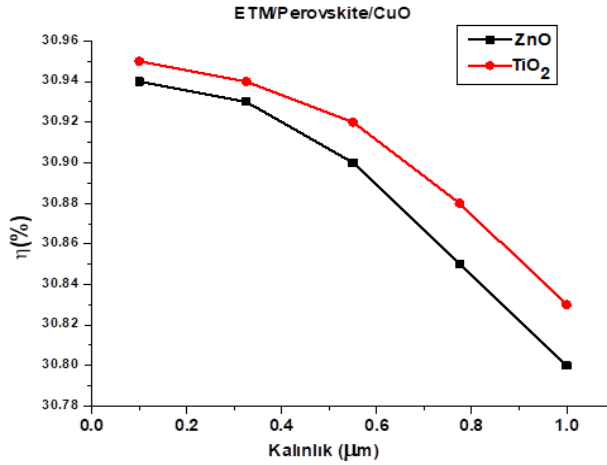
| HTM malzemesi | CH ₃ NH ₃ SnI ₃ Kalınlığı (μm) | V_{oc} (V) | J_{sc} (mA/cm ²) | FF (%) |
|---------------|---|--------------|--------------------------------|--------|
| CuI | 0,1 | 1,09 | 19,06 | 84,36 |
| | 0,325 | 1,05 | 31,16 | 81,44 |
| | 0,55 | 1,02 | 33,81 | 81,71 |
| | 0,775 | 1,01 | 34,65 | 82,06 |
| | 1 | 0,99 | 34,98 | 82,38 |
| CuO | 0,1 | 1,1 | 26,96 | 84,67 |
| | 0,325 | 1,02 | 32,85 | 85,91 |
| | 0,55 | 1,03 | 34,32 | 86,39 |
| | 0,775 | 1,02 | 34,81 | 86,57 |
| | 1 | 1,01 | 35,01 | 86,64 |

Şekil 3 b)'de verilen TiO₂ ETM katmanlı iki hücre için CH₃NH₃SnI₃ kalınlığı ile V_{oc}, J_{sc} ve FF parametrelerinin değişimleri Tablo 6'da derlenmiştir. Sonuçlar Tablo 5'deki sonuçlarla benzerlikler göstermektedir. Her iki hücre için CH₃NH₃SnI₃ kalınlığı V_{oc} ile doğru J_{sc} ve FF parametreleri ile ters orantılı olduğu görülmektedir.

Tablo 6. ETM katmanı olarak TiO₂ ve HTM katmanı olarak CuO ve CuI kullanıldığında, CH₃NH₃SnI₃ katmanı kalınlığının hücrenin V_{oc}, J_{sc}, FF parametrelerine etkisi.

| HTM malzemesi | CH ₃ NH ₃ SnI ₃ Kalınlığı (µm) | V _{oc} (V) | J _{sc} (mA/cm ²) | FF (%) |
|---------------|---|---------------------|---------------------------------------|--------|
| CuI | 0,1 | 1,09 | 19,08 | 84,4 |
| | 0,325 | 1,05 | 31,16 | 81,45 |
| | 0,55 | 1,02 | 33,81 | 81,72 |
| | 0,775 | 1,01 | 34,65 | 82,06 |
| | 1 | 0,99 | 34,99 | 82,38 |
| CuO | 0,1 | 1,1 | 26,72 | 84,27 |
| | 0,325 | 1 | 32,6 | 82,98 |
| | 0,55 | 1 | 34,1 | 82,94 |
| | 0,775 | 1 | 34,63 | 83,12 |
| | 1 | 0,998 | 34,85 | 83,3 |

ETM katmanına geçen elektronların verimli bir şekilde fotoakıma katkıda bulunmasını incelemek için PGH'de ETM katmanı kalınlığını değiştirerek verimlilik değişimi incelenmesi yapılmalıdır. Şekil 4, CuO ortak HTM katmanı ve ETM katmanı için ise farklı kalınlıklardaki ZnO ve TiO₂ malzemeleri kullanıldığında hücre verimliliğinin nasıl değiştiğini göstermektedir. CuO'nun HTM katmanı olarak kullanılmasının nedeni, CuO malzemesinin CuI malzemesinden daha verimli olmasıdır. Şekil ayrıntılı olarak incelendiğinde, ETM katman kalınlığı arttıkça hücre verimliliğinin azaldığı görülmektedir. Bu olay n-tipi ETM katmanındaki hareket halindeki elektronlar kalınlık arttıkça ETM veya perovskite malzemelerinin valans bantlarına kaçtığını göstermektedir. Öte yandan, ETM katmanı olarak TiO₂ malzemesinin ZnO malzemesinden daha verimli olduğu açıktır.



Şekil 4. HTM olarak CuO, ETM olarak ZnO (siyah) ve TiO₂ (kırmızı) malzemeleri kullanıldığında ETM kalınlığı ile verimlilik arasındaki ilişki.

Şekil 4’de verilen TiO₂ ve ZnO ETM katmanlı PGH’lerinin ETM katman kalınlığının hücre V_{OC}, J_{SC}, ve FF parametrelerine etkileri Tablo 7’de verilmiştir. ETM kalınlığı arttıkça V_{OC} değeri, ZnO kullanılan hücrede çok az miktarda azalmakta iken TiO₂ kullanılan hücrede ise sabit kalmaktadır. J_{SC} değeri her iki hücre için ETM kalınlığı ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. ZnO kullanılan hücrede FF değeri 0.1 μm ETM kalınlığında % 84.4 değerini gösterirken 1 μm ZnO kalınlığında %82 seviyelerine düştüğü görülmektedir. TiO₂ ETM olarak kullanılan hücrede FF yüzdeliği sabit kalmaktadır.

Tablo 7. HTM olarak CuO, ETM olarak ZnO ve TiO₂ malzemeleri kullanıldığında ETM kalınlığının V_{OC}, J_{SC}, ve FF parametrelerine etkileri.

| ETM malzemesi | ETM Kalınlığı (μm) | V _{OC} (V) | J _{SC} (mA/cm ²) | FF (%) |
|------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------------|--------|
| ZnO | 0,1 | 1,09 | 19,08 | 84,4 |
| | 0,325 | 1,05 | 31,16 | 81,45 |
| | 0,55 | 1,02 | 33,81 | 81,72 |
| | 0,775 | 1,01 | 34,65 | 82,06 |
| | 1 | 0,99 | 34,99 | 82,38 |
| TiO ₂ | 0,1 | 1,03 | 34,7 | 86,53 |
| | 0,325 | 1,03 | 34,69 | 86,53 |
| | 0,55 | 1,03 | 34,66 | 86,53 |
| | 0,775 | 1,03 | 34,63 | 86,53 |
| | 1 | 1 | 34,58 | 86,53 |

4. SONUÇ

Farklı ETM ve HTM katmanları kullanıldığında, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ perovskite bazlı güneş hücrelerinin fotovoltaik performansları teorik olarak hesaplanarak karşılaştırıldı. ETM katmanı olarak TiO_2 , HTM katmanı olarak da CuO malzemesi kullanıldığında hücrenin en verimli sonucu verdiği gözlemlendi. Ayrıca hücrenin verimliliği $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ perovskite katmanının doping konsantrasyon oranının artması ile önemli ölçüde arttığı gözlemlendi ve perovskite malzemesinin katman kalınlığı 0.6-0.8 μm arasında olduğunda maksimum verimlilik elde edildi. ETM kalınlığının artması hücre verimini az miktarda düşürdüğü gözlemlendi. Bu çalışmadaki bulgular PGH verimlilik optimizasyonuna ışık tutmakta olup, PGH'lerin temel sıkıntısı olan çevre şartlarına dayanıklılığı problemleri çözüldüğü takdirde bulguların deneysel çalışmalarla desteklenerek enerji piyasasına önemli katkı sağlayacağı ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, and T. Miyasaka, 'Organometal halide perovskites as visible-light sensitizers for photovoltaic cells', *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 131, no. 17, pp. 6050–6051, May 2009.
- [2] NREL, 'Best Research-Cell Efficiency Chart | Photovoltaic Research | NREL', *Best Research-Cell Efficiency Chart | Photovoltaic Research | NREL*, 2019. [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>. [Accessed: 21-Jan-2020].
- [3] M. I. Hossain, W. Qarony, S. Ma, L. Zeng, D. Knipp, and Y. H. Tsang, 'Perovskite/Silicon Tandem Solar Cells: From Detailed Balance Limit Calculations to Photon Management', *Nano-Micro Letters*, vol. 11, no. 1. SpringerOpen, 01-Dec-2019.
- [4] L. M. Herz, 'Charge-Carrier Mobilities in Metal Halide Perovskites: Fundamental Mechanisms and Limits', 2017.
- [5] S. De Wolf *et al.*, 'Organometallic halide perovskites: Sharp optical absorption edge and its relation to photovoltaic

- performance', *J. Phys. Chem. Lett.*, vol. 5, no. 6, pp. 1035–1039, Mar. 2014.
- [6] C. Mortan, T. Hellmann, O. Clemens, T. Mayer, and W. Jaegermann, 'Preparation of Methylammonium Tin Iodide ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$) Perovskite Thin Films via Flash Evaporation', *Phys. status solidi*, vol. 216, no. 18, p. 1900209, Sep. 2019.
- [7] N. K. Noel *et al.*, 'Lead-free organic-inorganic tin halide perovskites for photovoltaic applications', *Energy Environ. Sci.*, vol. 7, no. 9, pp. 3061–3068, 2014.
- [8] F. Hao, C. C. Stoumpos, D. H. Cao, R. P. H. Chang, and M. G. Kanatzidis, 'Lead-free solid-state organic-inorganic halide perovskite solar cells', *Nat. Photonics*, vol. 8, no. 6, pp. 489–494, 2014.
- [9] 'Silvaco'. [Online]. Available: <https://www.silvaco.com/>. [Accessed: 27-Jan-2020].
- [10] T. T. and H. Z. Stephen Fonash, John Arch, Joe Cuiffi, Jingya Hou, William Howland, Peter McElheny, Anthony Moquin, Michael Rogosky, Francisco Rubinelli, 'Analysis of Microelectronic and Photonic Structures (AMPS 1D)'. [Online]. Available: <http://www.ampsmodeling.org/latest.html>. [Accessed: 27-Jan-2020].
- [11] K. Tan, P. Lin, G. Wang, Y. Liu, Z. Xu, and Y. Lin, 'Controllable design of solid-state perovskite solar cells by SCAPS device simulation', *Solid. State. Electron.*, vol. 126, pp. 75–80, Dec. 2016.
- [12] G. A. Casas, M. A. Cappelletti, A. P. Cédola, B. M. Soucase, and E. L. Peltzer y Blancá, 'Analysis of the power conversion efficiency of perovskite solar cells with different materials as Hole-Transport Layer by numerical simulations', *Superlattices Microstruct.*, vol. 107, pp. 136–143, Jul. 2017.
- [13] L. Zhu, G. Shao, and J. K. Luo, 'Numerical study of metal oxide heterojunction solar cells', *Semicond. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 8, Aug. 2011.
- [14] T. Minemoto and M. Murata, 'Impact of work function of back contact of perovskite solar cells without hole transport material

- analyzed by device simulation’, *Curr. Appl. Phys.*, vol. 14, no. 11, pp. 1428–1433, 2014.
- [15] B. N. Ezealigo *et al.*, ‘Optical and electrochemical capacitive properties of copper (I) iodide thin film deposited by SILAR method’, *Arabian Journal of Chemistry*, Elsevier B.V., 01-Dec-2016.
- [16] O. Madelung, ‘I-VII compounds’, in *Semiconductors: Data Handbook*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, pp. 245–274.
- [17] S. J. Fonash, ‘Material Properties and Device Physics Basic to Photovoltaics’, in *Solar Cell Device Physics*, Elsevier, 2010, pp. 9–65.
- [18] Z. El Jouad, M. Morsli, G. Louarn, L. Cattin, M. Addou, and J. C. Bernède, ‘Improving the efficiency of subphthalocyanine based planar organic solar cells through the use of MoO₃/CuI double anode buffer layer’, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 141, pp. 429–435, Jul. 2015.
- [19] M. I. Hossain, F. H. Alharbi, and N. Tabet, ‘Copper oxide as inorganic hole transport material for lead halide perovskite based solar cells’, *Sol. Energy*, vol. 120, pp. 370–380, Oct. 2015.
- [20] F. Liu *et al.*, ‘Numerical simulation: Toward the design of high-efficiency planar perovskite solar cells’, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 104, no. 25, Jun. 2014.

BÖLÜM7

YÜKSEKLİK BELİRLEME TEKNİKLERİNİN DOĞRULUK ANALİZİ

Ömer BİLGİNER

YÜKSEKLİK BELİRLEME TEKNİKLERİNİN DOĞRULUK ANALİZİ

Ömer BİLGİNER

*İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi
Harita Mühendisliği Bölümü, İzmir*

1.Giriş

Harita Mühendisliği yerin şekil ve boyutlarının belirlenmesi, tamamının veya bir kısmının haritalanması, matematiksel ve fiziksel prensipler perspektifinde yatay yönlü kaymalar ile yükselmeler ve çökmeler dahil nokta koordinatlarının hesaplanması ile ilgilendir. Konum belirleme amaca göre 1,2,3 veya 4 boyutlu olarak yapılabilmektedir. Günümüzde nokta yüksekliklerinin hesaplanması Harita Mühendisliği'nin en önemli uğraş alanlarından biridir. Nokta koordinatlarının belirlenmesi, özellikle yer ile ilgili bilimsel araştırmalarda ve mühendislik alanında önemli yer tutmaktadır. Noktalar arasındaki yükseklik farkları çeşitli yöntemler kullanılarak belirlenebilir. Bu yöntemler; GPS/nivelmanı, geometrik nivelman, trigonometrik nivelman ve hassas nivelman yöntemleri olarak sıralanabilir (Ghilani ve Wolf,2012). Nokta yükseklikleri proje amaçlarına uygun olarak söz konusu teknikler ile hesaplanabilir.

Nokta yükseklikleri ve noktalar arasındaki yükseklik farkları total station aleti kullanılarak trigonometrik yöntem ile veya geleneksel nivelman

ölçmeleri yapılarak geometrik olarak bulunabilir (Ceylan,2009).Fakat günümüzde yükseklik farkları GPS teknolojisi ile hızlı, ekonomik ve yeterli doğrulukta belirlenebilmektedir (Ceylan ve İnal, 2003). GPS alıcıları uydu tarafından gönderilen radyo sinyallerinin seyahat süresini hesaplayarak konumlarını belirler. Bununla birlikte GPS ölçmelerinden elipsoidal yükseklikler belirlenebilir fakat bu yükseklik türünün pratik bir anlamı bulunmamaktadır. Bu nedenle, elipsoidal yükseklikler, fiziksel olarak anlamlı olan ortometrik yüksekliğe dönüştürülmelidir.(Soycan,2013) Eş deyişle, GPS ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerden ortometrik yükseklikler dolaylı olarak elde edilebilmektedir. Bunun için çalışma bölgesinde jeoit ondülasyonlarının bilinmesi gerekir. Son zamanlarda, XGM2016 (The Experimental Gravity Field Model XGM2016) gibi global jeopotansiyel modeller kullanım için internet ortamında yayınlanmıştır. Uydu jeodezisindeki gelişmeler, birçok hassas jeoid modelinin üretilmesine neden olmuştur.

Böylece, elipsoidal yükseklikler pratik uygulamalar için kolayca ortometrik yüksekliğe dönüştürülebilir.(Pail ve diğerleri,2018) Ortometrik yükseklikler pratik yüksekliklerdir ve bu nedenle mühendislik projelerinde kullanılabilir.

2.Materyal ve Metod

Nokta yüksekliklerinin belirlenmesi için test aşında trigonometrik nivelman,geometrik nivelman, hassas nivelman ve GPS/Nivelman ölçümleri yapılmıştır.Trigonometrik nivelmanda noktalar arasındaki yükseklik farkları,total station aletiyle ölçülen düşey açı ve eğik uzaklıklar yardımıyla hesaplanır.Trigonometrik nivelmanda diğer nivelman tekniklerine göre nivelman hattındaki alet kurma sayısı daha az olmaktadır (Ceylan,2009).Geometrik nivelmanda noktalar arasındaki yükseklik farkları nivo ve mira kullanılarak belirlenmektedir.Geometrik nivelman, iki noktada okunan mira okuma değerleri arasındaki farklardan faydalanarak noktaların yükseklik farklarının hesaplanması esasına

dayanmaktadır.Hassas nivelman yönteminde iki nokta arasındaki yükseklik farkı geri-ileri ve ileri-geri okuması farkları yardımıyla hesaplanır.Hassas nivelman yöntemi geometrik ve trigonometrik nivelman yöntemlerine göre hassasiyeti çok yüksektir. Hassas nivelman diğer yöntemlere kıyaslandığında gerek zaman alıcı olması gerekse ekipteki kişi sayısının fazla olması nedeniyle ekonomik değildir (Üstün ve Demirel,2003). GPS nivelmanı yönteminde GPS ile noktalarda statik ölçümler yapılır ve dengeleme hesabından sonra nokta yükseklikleri belirlenir. GPS, yüksek hassasiyet ve ölçme kolaylığı nedeniyle diğer nivelman türlerine göre daha ekonomiktir(Üstün,2001).

3.Sayısal Uygulama

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Balatçık Kampüs alanındaki poligon noktalarının yükseklikleri farklı yükseklik ölçme teknikleri ile belirlenmiştir. Bu kapsamda, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi ana kampüs alanında 7 noktadan oluşan bir nivelman test ağında ölçümler yapılmıştır (Şekil 1). XGM2016 geoid modeli kullanılarak elisoidal yükseklikler ortometrik yüksekliklere dönüştürülmüştür (Tablo 1).



Şekil 1.Nivelman test ağı

| Nokta | Statik GPS | RTK-GPS | Geometrik Nivelman | Hassas Nivelman | Trigonometrik Nivelman |
|-------|------------|---------|--------------------|-----------------|------------------------|
| P.1 | 3.1587 | 3.1616 | 3.1742 | 3.1559 | 3.1914 |
| P.2 | 3.7780 | 3.7763 | 3.7787 | 3.7752 | 3.7984 |
| P.3 | 4.2735 | 4.2683 | 4.2817 | 4.2713 | 4.2788 |
| P.4 | 4.2447 | 4.2471 | 4.2482 | 4.2419 | 4.2558 |
| P.5 | 3.7533 | 3.7463 | 3.7667 | 3.7516 | 3.7635 |

Tablo 1.Ortometrik Yükseklikler

4.Sonuçlar

Bu çalışmada farklı yükseklik ölçüm teknikleri kullanılmış ve nokta doğruluk analizi üzerinde durulmuştur.Ölçümde yapılan kaba hataların minimuma indirgenmesi, ölçüm aletinin hassasiyeti nedeniyle hassas nivelman yükseklik belirlemek için en hassas ölçüm yöntemidir. Diğer yöntemlerde hatalı okuma, düzeç hatası ve dış etmenler (rüzgar,sıcaklık farkı vs.) gibi kişisel hatalar kaçınılmazdır. Tüm ölçüm yöntemleri hassas nivelman ile karşılaştırıldığında, statik GPS ve hassas nivelman arasındaki yükseklik farklarının diğer ölçme yöntemlerine göre daha az olduğu gözükmektedir..Dış etmenler ve ölçüm süresinin artırılması halinde GPS nivelmanı daha doğru sonuç verecektir. Trigonometrik nivelmanda ise düşey açı ve mesafe ölçümü hassas yapılamadığından diğer ölçüm yöntemlerine göre farklı sonuçlar verdiği saptanmıştır.Geometrik nivelmanda gidiş-dönüş ölçümleri yapılmasından dolayı trigonometrik nivelmana göre daha doğru sonuç vermektedir.

5.Referanslar

Ceylan, A. ve İnal, C. (2003). Modern Yükseklik Belirleme Tekniği Ve Doğrulukların Karşılaştırılması, I. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 30-31 Ekim 2003 Syf 399-413, İstanbul.

Ceylan, A. (2009) . Modern Yükseklik Belirleme Teknikleri: Geometrik Nivelman Tarih mi Oluyor? , TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 11-15 Mayıs 2009, Ankara.

Ghilani,D.C., ve Wolf , P.R. (2012) Elementary Surveying -An Introduction To Geomatics, 2012, 13th edition, Pearson.

Pail, R., Fecher, T., Barnes, D., Factor, J.F., Holmes, S.A.,Gruber,T., Zingerle, P. (2018), The experimental geopotential model XGM2016, Journal of Geodesy,syf 443-451.

Soycan, M. (2013). Determination of Geoid Heights by GPS and Precise Trigonometric Levelling, Survey Review , Syf 387-396.

Üstün A., (2001). GPS Nivelmanı Yardımıyla Ortometrik Yüksekliklerin Elde Edilmesine Yönelik Jeoit Belirleme Yöntemleri, Derleme Yazısı, Y.T.Ü. Dergisi, 2001-1, İstanbul.

Üstün,A. ve Demirel,H. (2003), Düşey Kontrol Açısından GPS/Nivelman Kontrol Noktalarının Önemi, TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı 1. Oturum (Temel Jeodezik Ağlar) Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayını, 24-25-26 Eylül 2003, Konya .

BÖLÜM8

**CAM ELYAF TAKVİYELİ POLİ-ETER-ETER-
KETON KOMPOZİTİN TRİBOLOJİK
PERFORMANSLARINA KARŞI DİSK
MALZEMELERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL
Dr. Öğr. Üyesi Salih Hakan YETGİN**

CAM ELYAF TAKVİYELİ POLİ-ETER-ETER-KETON KOMPOZİTİN TRİBOLOJİK PERFORMANSLARINA KARŞI DİSK MALZEMELERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL¹

¹Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Salih Hakan YETGİN²

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

1. GİRİŞ

Polietereterketon (PEEK) polimeri, yüksek mekanik dayanım ve elastiklik modülü, yüksek ergime sıcaklığı, yüksek tokluk, aşınma direnci ve kolay üretilebilirlik gibi özellikleri ile yüksek performanslı yarı-kristal bir polimer türüdür [1-3]. Bu özellikleri ile PEEK polimeri havacılık ve otomotiv bileşenlerinde, medikal, yiyecek, elektronik, kimya ve petrokimya gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Artan teknoloji ile birlikte, endüstride kullanılan mühendislik plastiklerinin de özelliklerinin daha yüksek seviyelerde olması istenmektedir. PEEK polimerinin yüksek sıcaklık, yüksek yük ve diğer ortamlarda, kendinden yağlamalı özelliğini

geliştirmek, malzeme maliyetlerini azaltmak ve ayrıca uygulama alanlarını genişletmek için inorganik katkıların ilave edilmesi, fiber takviyesi, polimer karışımları ve plazma modifikasyonu gibi işlemler kullanılmaktadır [4]. Fiber takviyeli PEEK polimerin tribolojik özellikleri üzerine ise birçok çalışma yapılmıştır [1-2, 5-7]. Bu çalışmaların çoğunluğunda farklı aşınma sistemleri kullanılarak kuru ve sulu ortam şartları altındaki sürtünme ve aşınma özellikleri incelenmiştir. Li ve arkadaşları [1] katkısız PEEK ve %30 kısa cam fiber katkılı PEEK kompozitlerinin ball-disk sistemi ile tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Ayrıca, uygulanan yük ve kayma zamanının sürtünme katsayısı ve aşınma oranı üzerine etkileri de incelenmiştir. Sümer ve arkadaşları [2] katkısız PEEK ve %30 cam elyaf katkılı PEEK kompozitinin kuru ve sulu ortam şartları altında pim-disk sistemini kullanarak tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Karşı disk olarak AISI D2 çeliğı kullanılmış ve testler 1.77, 3.54 ve 5.30MPa basınç ve 0.8-1.6m/s kayma hızlarında yapılmıştır. Çalışma sonucunda, artan basınç ile birlikte sürtünme katsayısı ve aşınma oranının arttığı belirtilmiştir. Ayrıca, artan kayma hızına bağılı olarak sürtünme katsayısı azalırken aşınma oranı artmıştır. Uygulanan kayma hızı ve yük aralıklarında, sulu ortam şartlarındaki sürtünme katsayısı ve aşınma oranının daha düşük elde edildiğı belirtilmiştir. Cam fiber katkının özellikle kuru ortam şartları altında sürtünme katsayısı ve aşınma oranı üzerinde daha etkili olduğı belirtilmiştir. Li ve arkadaşları [8] cam fiber katkılı PEEK kompozitlerinin kuru ve sulu ortam şartları altındaki sürtünme ve aşınma özelliklerini incelemişlerdir. Artan yük ile birlikte PEEK ve PEEK/CE polimerlerinin sürtünme katsayısı ve aşınma oranı artmış sonrasında ise stabil hale gelmiştir. CE katkısı sürtünme katsayısını ve aşınma oranını

azaltmıştır. Sulu ortam şartları altında, PEEK ve PEEK/CE kompozitin sürtünme katsayısı ve aşınma oranı kuru ortama göre daha düşük elde edilmiştir. Ganesh ve Dhamejani [9] katkısız PEEK ve %30 cam elyaf katkılı PEEK kompozitin tribolojik özelliklerini farklı yükler altında ve farklı çalışma sıcaklıklarında incelemişlerdir. Çalışmada, 1.4m/s kayma hızı, 2-4 ve 8 kg yük ile 50-100 ve 150°C çalışma sıcaklığı kullanılmıştır.

Çalışma sonucunda artan çalışma sıcaklığı ile aşınma oranı artarken sürtünme katsayısı farklılık göstermiştir. PEEK polimerine ilave edilen cam elyaf aşınma direncini artırırken yüksek sıcaklık ve düşük yük uygulamaları için PEEK polimerinin uygun malzeme olduğu belirtilmiştir. Wang ve arkadaşları [10] PTFE, PEEK, cam elyaf katkılı epoksi reçine, ABS, karbon fiber takviyeli poliamid imid, POM ve karbon elyaf takviyeli PEEK polimer ve kompozitlerinin paslanmaz çelik (316L) diske karşı deniz suyu ortamında aşınma ve sürtünme özelliklerini incelemiştir.

Çalışma sonucunda karbon elyaf takviyeli PEEK kompozitinde en düşük aşınma oranı elde edilmiştir. Deniz suyunun mükemmel bir yağlayıcılık etkisi göstererek sürtünme yüzeyleri arasındaki teması keserek sürtünme ve aşınmanın azaldığını belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada, Chen ve arkadaşları [11] farklı oranlarda (%5, 10, 20 ve 30) cam elyaf katkılı PEEK kompozitlerin block-on-ring sistemi kullanarak deniz suyu ortamındaki tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. PEEK polimerine ilave edilen cam elyaf deniz suyu ortamında aşınma direncini geliştirmiştir ve kuru ortam şartlarına göre daha düşük sürtünme katsayısı ve yüksek aşınma direnci elde edilmiştir. Theiler ve Gradt [12] MoS₂ ve grafit katkılı PTFE/karbon fiber/PEEK kompozitlerinin -80 ile +20°C

sıcaklık aralığındaki vakum ortamında pin-on-disk sistemini kullanarak tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Karşı disk olarak CrNi çeliği kullanılmıştır. Kayma hızı ve sıcaklığa bağlı olarak MoS₂ katkılı PEEK kompozitin yüksek aşınma direnci gösterdiği belirtilmiştir.

Uygun malzeme kombinasyonu seçilerek sürtünme katsayısı azaltılıp aşınma direnci geliştirilebilir. Dolayısıyla, aşınma ve sürtünme testlerinde, uygulanan yükün, kayma hızının, ortam şartlarının (kuru, sulu) ve temas sıcaklığının belirlenmesinin yanında karşı disk malzemesinin de polimer malzeme ile uyumlu olması gerekmektedir. Unal ve arkadaşları [5] %30 cam elyaf katkılı PEEK kompozitlerin kuru ortam şartları altında pim-disk sistemi kullanarak tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Aşınma testleri 0.7, 1.41 ve 2.12 N yük altında ve 0.5m/s kayma hızında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, PEEK/30CE kompozitin, PEI/10%PTFE disk ile çalıştığında en iyi tribolojik performansı gösterdiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada, ağırlık olarak %30 oranında cam elyaf takviyeli poli-eter-eter-keton (%30CE/PEEK) polimer kompozitin, bir paslanmaz çelik ile cam elyaf takviyeli poli-fenilen-sülfid (PPS+%40CE) ve cam elyaf takviyeli poli-eter-imit (PEI+%10CE) termoplastik kompozit ile uzun cam elyaf takviyeli doymamış polyester kompoziti (BMC+%20CE) gibi farklı polimer kompozit ve karışım malzemelerine karşı kuru kayma çalışma ortamındaki aşınma ve sürtünme davranışları incelenmiştir. Deneyler disk üzerinde pim düzeneği bulunan bir aşınma cihazında gerçekleştirilmiştir. Tribolojik testler, 1.0 m/s kayma hızında 0.70, 1.41 ve 2.12 MPa basınç altında gerçekleştirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzemeler

%30 cam elyaf takviyeli PEEK polimer kompozit çubuk formunda ekstrüzyonla üretilmiş olup Ketron GF30 PEEK ticari adı ile Quadrant Plastics firmasından temin edilmiştir. %40 oranında cam elyaf takviyeli poli-fenilen-sülfid (PPS+%40CE) polimer kompozit Fortron 1140L4 ticari adı ile Ticona firmasından granül formunda temin edilmiş olup aşınma deneyinde kullanılan pim numuneler enjeksiyonla kalıplama yöntemi ile üretilmiştir. Ağırlık olarak %10 cam elyaf takviyeli poli-eter-imit (PEI+%10CE) termoplastik kompozit ise Ultem 2100 ticari adı ile granül formda General Electric firmasından temin edilmiş olup pim numuneler ise enjeksiyonla kalıplanmıştır. Karşı disk olarak kullanılan uzun cam elyaf takviyeli doymamış polyester kompozit plakalar ise (BMC+%20CE) ise Federal elektrik firmasında sıcak preste (180 °C' de kalıp sıcaklığında) kalıplama yöntemi ile üretilmiştir. Termoset esaslı kompozit üretiminde ortoftalik polyester reçinesi ana matris malzeme olarak kullanılmış olup hacimsel olarak %1.5 oranında metil-etil-peroksit katalizör ve %0.15 oranında kobalt oktat hızlandırıcı kullanılmıştır. Mukavemet artırıcı olarak ise Cam elyaf Sanayi firmasından temin edilen termoset polyester uyumlu uzun cam elyaf kullanılmıştır.

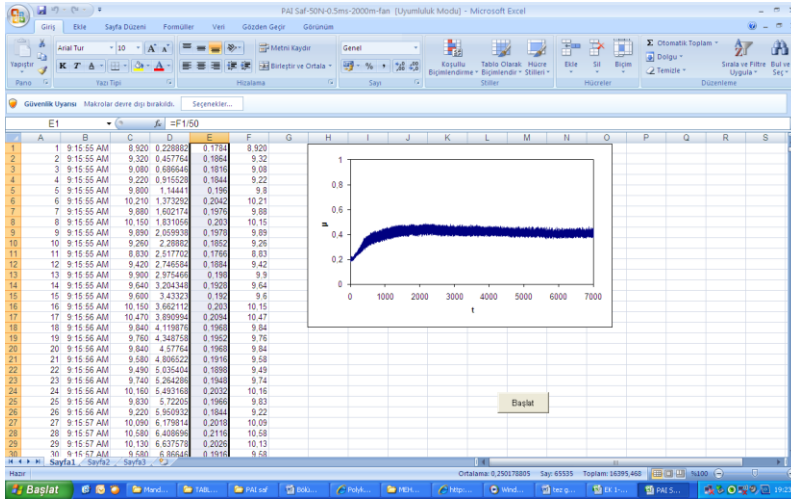
2.2. Aşınma testleri:

Aşınma test cihazı, ana gövde üzerinde bir elektrik motoru, bir yük kolu, bir yük hücresi ve bilgisayar gibi ana kısımlardan oluşmaktadır. Bu

makineda dönen bir disk vardır. Bu disk bir elektrik motorunun tahriği ile dönmektedir. Bu diskin üzerine deneylerde kullanılacak olan disk malzeme bir vida yardımıyla diğer diskin üzerine sabitlenir. Kol üzerinde bulunan bir mekanizma ile 6 mm çapındaki polimer pim malzemeler kola bağlanır. Çelik disk yüzeyi ve pim numuneleri aşınma deneyine başlamadan önce aseton ile temizlenir. Aparata bağlanan pim numunesi diskin üzerine yavaşça bırakılır, pim numunesinin diske sürtünmesiyle pim numunesinin bağlı olduğu kol aparatı da diskin dönme yönüne hareket etmek istemektedir. Bu istek sonucunda kolda bir ileriye doğru bir hareket gerçekleşir. Bu ileriye doğru olan hareket yanal kuvveti vermektedir. Bu yanal kuvvet ise Load cell ile ölçülüp elektronik göstergede değerleri göstermektedir. Aynı zamanda bu veriler direk bilgisayarda Excel programına depolanmaktadır. Deneylerde dakikada 1000 veri alacak şekilde ayarlanmıştır. Deney süresince yaklaşık olarak ortalama 51.000 veri değeri elde edilmiştir. Bu yanal yük değerleri Excel programında deneylerde kullanılan yüke bölünerek Excel programında D sütununda görülen değerler elde edilmektedir. Bu veriler Y ekseninde olacak şekilde, X ekseninde de deney süresi olacak şekilde grafik haline getirilmiştir. Deney süresince zamanla oluşan sürtünme katsayısı grafiği Şekil 1'deki gibi elde edilmektedir.

%30 cam elyaf takviyeli PEEK kompozit malzemeler üretici firma tarafından ekstrüzyonla üretilmiş olup üretici firmadan 6,5 mm çapında ve 1000 mm boyunda temin edilmişlerdir. Deney için revolver torna kullanarak pimler $\text{Ø}6 \times 50 \text{ mm}$ olacak şekilde tornalanmıştır. Ayrıca karşı disk malzeme olarak 100 mm çapında ve 5 mm kalınlığında AISI 316L paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır. Diğer termoplastik esaslı disk malzemeler ise 100 mm çapına ve 5 mm kalınlığında olacak şekilde

enjeksiyonla kalıplanmıştır. Tüm disk malzemelerin yüzeyleri önce taşlanmış, sonra 1000 nolu zımpara ile parlatılmış ve son olarak yüzeyler aseton ile temizlenmiştir. Deneyde kullanılan disklerin deney öncesi yüzey profilometresi, yüzey pürüzlülüğün bilinmesi amacıyla alınmıştır. Polimer kompozit ve çelik disk malzemenin ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra=0,60 ile 0.82 aralığında ölçülmüştür.



Şekil 1. Aşınma deneyinde excel formatında elde edilen sürtünme katsayısı- zaman grafiği

Sürtünme katsayısı yanal kuvvetin, normal uygulanan kuvvete oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

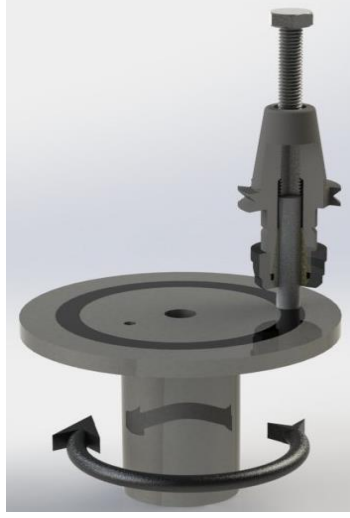
$$\mu = \frac{F_S}{F_N}$$

Yukarıdaki formülde μ : Sürtünme katsayısını, F_S : Yanal sürtünme kuvveti (N) ve F_N ise Normal kuvveti (N) ifade eder.

Aşınma süresinin bitiminde, önce kol kaldırılarak aşınma programı durdurulur. Daha sonra diski döndüren motorun stop düğmesine basılarak disk durdurulmuştur. Pim bağlı olduğu yerden çıkarılır, varsa üzerindeki aşınma partikülleri ve çapakları dikkatlice alınır, son ağırlık ölçümü için dijital terazide tartılır. Deneylerde kullanılan hassas terazi Precisa marka olup 0.0001g hassasiyetindedir. Polimer kompozit malzemelerin nemi alındıktan sonra ilk ağırlık ile son ağırlık arasındaki farkı hesaplanarak belirlenen şartlar için numunenin aşınma kaybı değeri bulunur. Numunelerin aşınma oranının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır.

$$W_a = \frac{\Delta_m}{S * \rho * F_N}$$

Yukarıdaki spesifik aşınma oranı formülündeki W_a : spesifik aşınma oranını, Δ_m : aşınma miktarını, S : kayma yolunu, ρ : test numunesinin yoğunluğunu, F ise normal kuvveti ifade eder. Cam elyaf takviyeli PEEK polimer kompozitin aşınma deneyleri aşağıda şematik şekli verilen pim-disk aşınma cihazında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Aşınma Cihazı

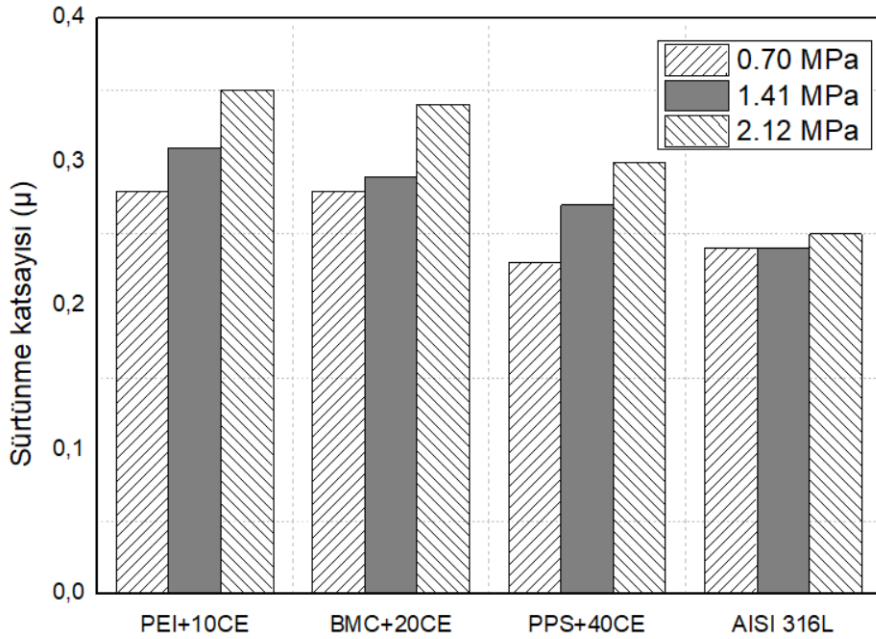
3. DENEY SONUÇLARI

Şekil 3’de 1.0m/s kayma hızında %30 cam elyaf katkılı PEEK polimerinin PEI+10CE, BMC+20CE, PPS+40CE ve AISI 316L paslanmaz çelik disklerine karşı farklı temas basınçlarında elde edilen sürtünme katsayısı değerleri verilmiştir.

Şekilde görüldüğü gibi artan temas basıncına bağlı olarak sürtünme katsayısı artmıştır. PEI+10CE disk için bu artış %25, BMC+20CE disk için %21, PPS+40CE disk için %30 ve AISI 316L çelik disk için %4 oranında elde edilmiştir.

Polimer ve polimer kompozitlerin tribolojik özellikleri viskoelastik ve sıcaklık özelliklerine bağlıdır. Bilindiği gibi iki malzemenin temas noktasında ısı üretilir ve sıcaklık artışı meydana gelir. Artan sıcaklığın miktarı ısı akışının miktarından etkilenmektedir. Yüzey sıcaklığı, malzemenin deformasyon sıcaklığından yüksek ise malzemenin

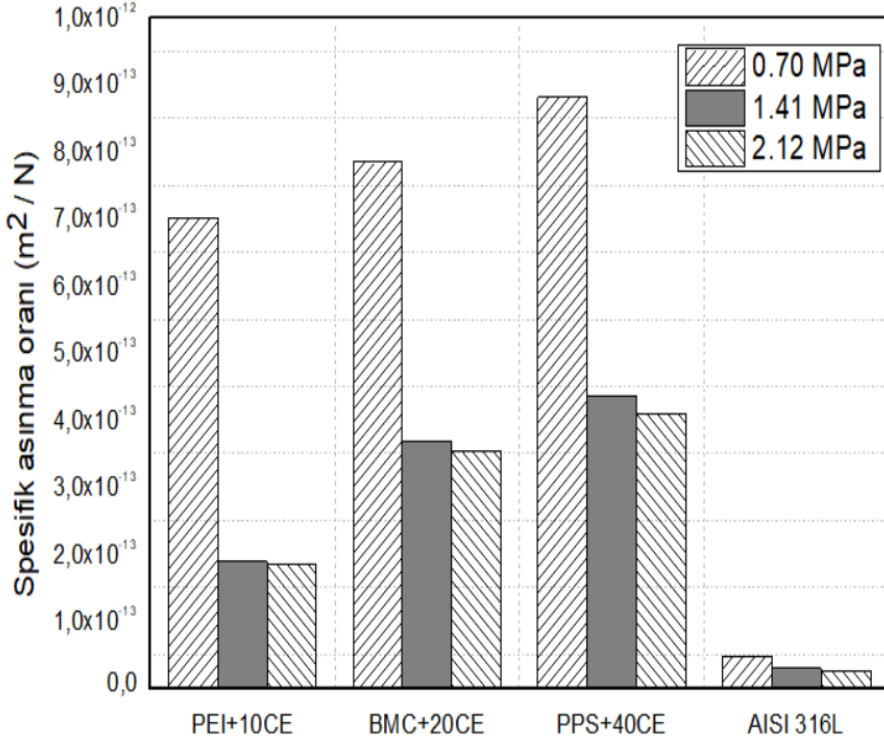
yumuşamasına sebep olan viskoelastik özellikler etkilenecektir. PEEK termoplastik kompozit malzemesinin sürtünme katsayıları, karşı disk malzemelerine göre değerlendirildiğinde, PEEK+30CE polimer kompozitin PEI+10CE polimer kompozit diskinde karşı sürtünme katsayısı 0.28-0.35 aralığında tespit edilmiştir. BMC+20CE termoset kompozit diskinde karşı 0.28-0.34, PPS+40CE termoplastik diskinde karşı 0.23-0.30 arasında ve AISI 316 paslanmaz diske karşı ise 0.24-0.25 arasında elde edilmiştir. En yüksek sürtünme katsayısı PEI+10CE disk kullanıldığında elde edilirken en düşük sürtünme katsayısı AISI 316 paslanmaz çelik diskte elde edilmiştir.



Şekil 3. PEEK+30CE polimerinin yüke bağlı olarak sürtünme katsayısı değişimi

Şekil 4'te uygulanan yüke bağlı olarak PEI+10CE, BMC+20CE, PPS+40CE ve AISI 316L paslanmaz çeliğine karşı %30 cam elyaf

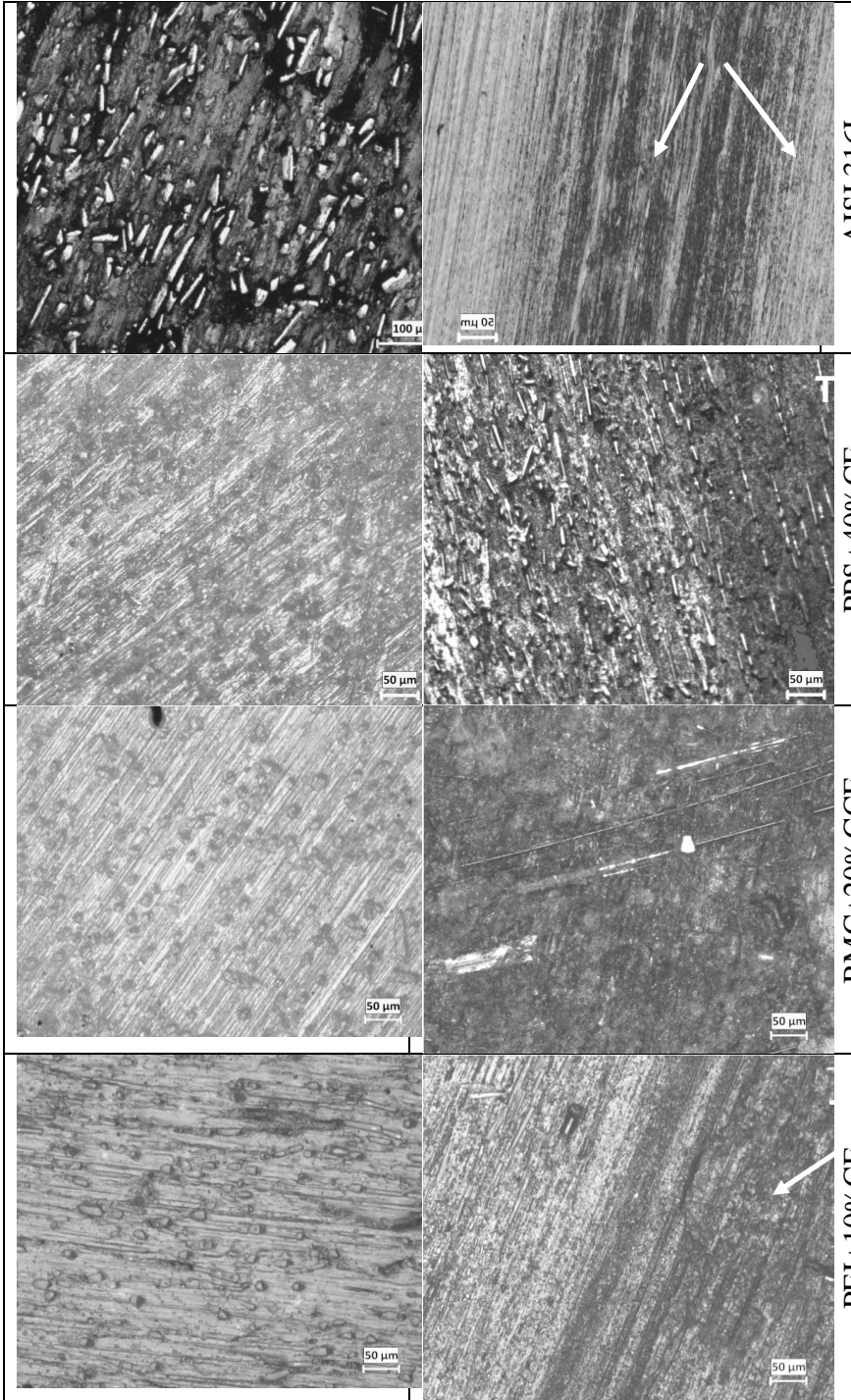
takviyeli PEEK polimerinin kuru kayma şartları altındaki spesifik aşınma oranı verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi AISI 316 paslanmaz çelikteki aşınma oranı 10^{-14} m²/N civarında iken PEI+10CE, BMC+20CE ve PPS+40CE polimer disklerdeki aşınma oranı 10^{-15} m²/N civarında elde edilmiştir. %30 cam elyaf takviyeli PEEK polimerinin spesifik aşınma oranı hem uygulanan temas basıncından hem de karşı disk malzemesinden etkilenmiştir. Artan temas basıncı ile spesifik aşınma oranı azalmıştır. Düşük temas basıncıda yüksek aşınma oranları elde edilirken artan temas basıncı ile aşınma oranı önemli oranda azalmıştır. Bu azalma, PEI+10CE diski için %282, BMC+40CE diski için %122, PPS+40CE diski için %115 ve AISI 316L paslanmaz disk için %85 oranında elde edilmiştir. Hem düşük temas basıncında hem de yüksek temas basıncında %30 cam elyaf takviyeli PEEK polimeri ile AISI 316L paslanmaz disk malzemesi en iyi tribolojik özellikleri göstermiştir.



Şekil 4. PEEK+30CE polimerinin yüke bağlı olarak spesifik aşınma oranı değişimi

Şekil 5'te ise aşınma testleri sonucu elde edilen optik mikroskop pim ve disk resimleri verilmiştir. Disk resimleri incelendiğinde, yüzeyde transfer film tabakasının (TFT) oluştuğu görülmektedir. Oluşan bu transfer film tabakası disk ve pim arasındaki teması keserek sürtünme katsayısı ve aşınma oranının şekillenmesinde önemli rol oynamıştır.

| | |
|-----------------|------------|
| % 30CE/PEEK Pim | Karşı disk |
|-----------------|------------|



Şekil 5. Aşınmış optik mikroskop pim ve disk resimleri

4. SONUÇLAR

PEEK+30CE polimerinin farklı disklerle karşı aşınma ve sürtünme davranışlarının incelendiği çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Artan temas basıncına bağlı olarak sürtünme katsayısı artmıştır.
- %30 cam elyaf takviyeli PEEK polimerinin spesifik aşınma oranı hem uygulanan temas basıncından hem de karşı disk malzemesinden etkilenmiştir.
- En yüksek sürtünme katsayısı PEI+10CE disk kullanıldığında elde edilirken en düşük sürtünme katsayısı AISI 316 paslanmaz çelik diskte elde edilmiştir.
- Hem düşük temas basıncında hem de yüksek temas basıncında %30 cam elyaf takviyeli PEEK polimeri ile AISI 316L paslanmaz disk malzemesi en iyi tribolojik özellikleri göstermiştir.

KAYNAKLAR

1. E.Z.Li, W.L.Guo, H.D.Wang, B.S.Xu, X.T.Liu, Research on Tribological Behavior of PEEK and Glass Fiber Reinforced PEEK Composite, Physics Procedia 50, 453–460, 2013.
2. M. Sumer, H. Unal, A. Mimaroglu, Evaluation of tribological behaviour of PEEK and glass fibre reinforced PEEK composite under dry sliding and water lubricated conditions, Wear, 265, 1061-1065, 2008.
3. Pratibha M Karandikar, R.R. Kharde, S.B.Bhoyar, R.L.Kadu, Study the Tribological Properties of PEEK/PTFE Reinforced with Glass Fibers and Solid Lubricants at Room Temperature, International Journal of Current Engineering and Technology, Vol.4, No.4, Aug 2014.

4. Li Shu Long, Wang Yan Jun, Qin Ke, Li Chao, Research on Progress of Tribological Modification of Polyetheretherketone, *International Journal of Materials Science and Applications*, 5, 2, 102-107, 2016.
5. Huseyin Unal, Abdullah Mimaroglu, Ahmet Ozel, Friction and wear performance of glass fiber reinforced poly-ether-ether-ketone composite against different polymer counterparts, *MOJ Poly Sci.*,1(5), 188-190, 2017.
6. Xianzhu Huang, JianWu, Xiaohua Lu, Xin Feng, Yijun Shi, Tribological Properties of Porous PEEK Composites Containing Ionic Liquid under Dry Friction Condition, *Lubricants*, 5, 19, 1-11, 2017.
7. Doumeng Marie, Ferry Fabrice, Delbe Karl, Merian Tiphaine, Chabert France, Berthet Florentin, Marsan Olivier, Nassiet Valerie, Denape Jean, Evolution of crystallinity of PEEK and glass-fibre reinforced PEEK under tribological conditions using Raman spectroscopy, *Wear*, 426-427 (Part B), 1040-1046, 2019.
8. E. Z. Li, X. H. Bin, H.D. Wang, W.L. Guo, Tribological property of PEEK composites reinforced with glass fiber under water lubricated, *Journal of Materials engineering*, 3, 5, 77-82, 2014.
9. Karpe Ganesh G, C.L. Dhamejani, Investigation of Tribological Behavior of PEEK Composite with Glass Fiber Filled under Harsh Operating Condition, *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 2, 1, 271-279, 2016.
10. Zhiqiang Wang, Jing Ni, Dianrong Gao, Combined effect of the use of carbon fiber and seawater and the molecular structure on the tribological behavior of polymer materials, *Friction*, 6, 2, 183-194, 2018.
11. Beibei Chen, Jianzhang Wang, Fengyuan Yan, Comparative investigation on the tribological behaviors of CF/PEEK composites under sea water lubrication, *Tribology International*, 52, 170-177, 2012.
12. Geraldine Theiler, Thomas Gradt, Friction and wear of PEEK composites in vacuum environment, *Wear*, 269, 278-284, 2010.