

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Yıl: 2022
Sayı:33

CİLT I
SOMA

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Sahibi:

Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Yönetim Kurulu Adına
MCBÜ Soma MYO

Editörler:

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Öğr. Gör. Fırat TEKİN

Yayın Kurulu:

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ
Prof. Dr. Ayşe ÖNDÜRÜCÜ
Prof. Dr. Mete HANÇER
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Berkant SELEK
Öğr. Gör. Fırat TEKİN

Sekreter:

Öğr. Gör. Fatih SUVAYDAN

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma MYO Teknik Bilimler
Dergisi yılda iki sayı olarak yayımlanan ulusal hakemli bir dergidir.**

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

BU SAYIDAKİ HAKEM KURULU:

Prof. Dr. Ayşe ÖNDÜRÜCÜ
Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT
Prof. Dr. Osman ASİ
Prof. Dr. Osman ÇULHA
Dr. Öğr. Üyesi Adem ÖZÇELİK
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Dr. Öğr. Üyesi Faruk DURMAZ
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AYDIN
Öğr. Gör. Dr. Burak Emre YAPANMIŞ

Dergide yayınlanan tüm makaleler ve ileri sürülen görüşlerde, sorumluluk yazar ve hakemlere aittir.

İletişim Adresi:

Fırat TEKİN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Soma Meslek Yüksekokulu, Soma-Manisa /TÜRKİYE
Tel: 0 236 612 00 63
Fax: 0 236 612 20 02
e-mail: somamyo-dergi@cbu.edu.tr
firat.tekin@cbu.edu.tr

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

İÇİNDEKİLER

1- MÜHENDİSLİK PROBLEMLERİNİN MATLAB SIMULINK PROGRAMI DESTEĞİYLE MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

Hikmet İMAMOĞLU, Süleyman Murat BAĞDATLI1-15

2- YERALTI MADENCİLİĞİNDE MEYDANA GELEN GÜRÜLTÜ ŞİDDETİNİN İNCELENMESİ

Ayla TEKİN, Mustafa Oğuz NALBANT, Mustafa ORHAN, Fırat TEKİN,
Fatih SUVAYDAN, Kemal BERKİ, Sami GÜMÜŞ,
Aslı Aydın SAVRAN.....16-23

3- MOTOR YAĞI ANALİZ YÖNTEMİ İLE MOTOR YAĞI KULLANIM SÜRELERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Tamer CEBECİ, Mustafa ORHAN.....24-35

4- GELİŞEN TEKNOLOJİDE ENDÜSTRİ 4.0'IN DURUMU

Murat KAYA, Gül KAYA.....36-41

5- KOMPOZİT PLAKALARIN DARBE DAVRANIŞINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Ümran ESENDEMİR, Aykut ERBİL42-55

6- Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi Yazım Kuralları.....56-57

MÜHENDİSLİK PROBLEMLERİNİN MATLAB SIMULINK PROGRAMI DESTEĞİYLE MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

Hikmet İMAMOĞLU¹, Süleyman Murat BAĞDATLI²

Accepted: 2022-07-19

DOI: 10.47118/somatbd.1112039

ÖZ

Yüklendiği tüm görevlerin her aşamasında oluşturduğu modellerin çözümleri için basit ya da karmaşık hesaplamalar yapan bir mühendis, bu hesaplamaları yaparken bir hesap makinasından faydalandığı gibi bir takım bilgisayar programlarından da faydalanabilmektedir. Genel amaçlı tasarlanan tüm mühendislik problemleri hesaplanabilirlik ve ölçülebilirlik bakımından çeşitli analizlere ihtiyaç duyar. Bu analizler çeşitli mekanizmaların, problem ve uygulamaların; Matlab Simulink gibi bilgisayar programları üzerinden; *statik modelleme*, *dinamik modelleme*, *sürekli modelleme*, *kesikli modelleme*, *açık döngü modelleme*, *kapalı döngü modelleme* biçimlerinde benzetimine ve incelenbilmesine olanak tanır. Bu tanımlara uyan ve örnek olabilecek mekanizmalardan, *Basit Sarkaç Mekanizması*, *Çift Sarkaç Mekanizması*, *Krank-Biyel Mekanizması* için uygulama çalışmaları yapılmış ve tasarlanan mekanizma ve benzetim uygulamaları için bir Matlab Bilgisayar Programı üzerinde bir arayüz programı oluşturularak benzer problemler için Matlab Simulink bilgisayar programının işlevselliği üzerine yapılabilecek çalışmalar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel Model, Sistem, Benzetim, Matlab, Matlab Simulink,

ABSTRACT

An engineer, who makes simple or complex calculations for the solutions of the models he creates at every stage of all the tasks he undertakes, can benefit from a number of computer programs as well as a calculator while making these calculations. All engineering problems designed for general purposes need various analyzes in terms of computability and measurability. These analyzes of various mechanisms, problems and applications; Via computer programs such as Matlab Simulink; static modeling, dynamic modeling, continuous modeling, discrete modeling, open-loop modeling, closed-loop modeling allows simulation and analysis. Application studies have been made for Simple Pendulum Mechanism, Double Pendulum Mechanism, Crank-Connecting Rod Mechanism, which fit these definitions and can be examples, and an interface program has been created on a Matlab Computer Program for the designed mechanism and simulation applications, and on the functionality of the Matlab Simulink computer program for similar problems. studies were examined.

Keywords: Mathematical Model, System, Simulation, Matlab, Matlab Simulink

1. GİRİŞ

Mühendis kelimesi; kök olarak “hendese” kelimesinden gelmektedir. Hendese kelimesi ise Osmanlıca sözlüklerde çizgisel, yüzeysel ve hacimsel olarak bu üç boyutun özelliklerini ve ölçülerini inceleyen matematik kolu olarak tanımlanmıştır. Bu kökten türeyen mühendis kelimesi;

¹ Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği, 45140 Manisa 0000-0002-5683-6478

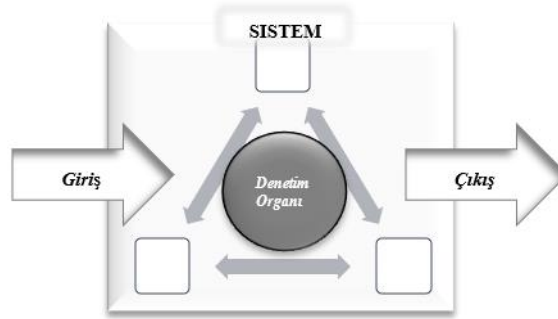
² Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği, 45140 Manisa 0000-0002-5152-9604

Hendese bilen. Geometri bilen ve tatbik eden kimse anlamına gelmektedir. Orta çağ sonuna kadar meydana gelen en küçük tasarımlardan, uzayın derinliklerinde ki en büyük keşiflere kadar, tüm bilimsel araştırmalar mühendislerin konusu olmuştur.

Özellikle sanayi devriminden sonra makineleşmenin ve beraberinde ki tüm teknolojik gelişmelerin kahramanları yine mühendisler olmuştur. “Mühendislik” bilimi olmadan hiçbir bilim insanının herhangi bir sonuca ulaşması mümkün değildir. Tüm bu kavramlar birleştirildiğinde, **Mühendis; tasarlayan, meydana getiren, işleten ve süreç içerisinde ortaya çıkan tüm problemleri çözen insandır.** Bir mühendis yüklendiği tüm görevlerin her aşamasında oluşturduğu modellerin çözümleri için basit ya da karmaşık hesaplamalar yapar. Bu hesaplamaları yaparken basit bir hesap makinasından faydalandığı gibi günümüz şartlarında gelişen teknoloji ile birlikte bir takım bilgisayar programlarından da faydalanabilmektedir. Bilgisayar programları kullanmak, bir mühendis için ortaya çıkabilecek muhtemel sonuçların henüz proje aşamasındayken bile öngörülebilir olmasını sağlaması açısından önemlidir. Kullanım kolaylığı ve kullanım alanı genişliği nedeniyle bu makalede problemleri çözmek için tercih edilen programlardan biri de MATLAB programıdır.

1.1 Sistem kavramı

Herhangi bir model tasarımı ya da uygulaması yapılmadan önce, amaç doğrultusunda incelenen düzenin hayal edilmesi esastır. İncelenen bu düzen belirli bir fonksiyonlar kümesi ile modellenir, modellenen algoritma uygun matematiksel araçlar ile hesaplanabilir bir form olarak betimlenir. Bu betimlemeye sistemin benzetimi adı verilir. Bu bağlamda incelenecek, ilk husus sistem kavramıdır. **Bir amacı gerçekleştirmek üzere; tek bir bütün olarak hareket edebilecek şekilde düzenlenmiş, etkileşimli, uyumlu ve ilişkili fiziksel elemanlar düzeneğine sistem denir.**



Şekil 1. Sistem Tanım

Sistem tanımı yapısı gereği; amaç uğruna bir girdi ve amaç uğruna bir çıktıya ihtiyaç duyar. Geliştirilmek istenen sistem, yeni ve örneği olmayan bir sistem olabileceği gibi mevcut bir sistemin iyileştirilmesi ya da düzenlenmesini de amaçlayabilir. Geliştirilecek sistem gerçekçi ve ulaşılabilir bir amaca dönük olarak anlaşılabilir ve ölçülebilir olmalıdır [1]. Matematiksel modelleme genel olarak çok karmaşık matematiksel fonksiyonlardan meydana gelmektedir.

Bu karmaşık işlemlerin çözümü için;

a-Sistem basitleştirilerek analiz edilir.

b-Matematiksel fonksiyonların çözümlenmeleri için bilgisayar programlarından faydalanılır.

2. MATERYAL VE METOT

Gelişen günümüz teknolojisi ile tasarım yapmak kolaylaşmakla beraber karmaşıklaşmış, nihai ilk ürün (prototip) yapımı değer kazanmış ve imalatı nispeten zorlaşmıştır. Yeni bir ürün ortaya koymak, çoğu zaman zor kabul görmüş ve hatta olumsuzluklarla karşılaşmıştır. Ancak tasarım süreçleri esnasında simulasyon, (benzetim) dijital çağ ile birlikte önem kazanmış, kaynak aktarımı konusunda yüklenicilere fikir, bakış açısı kazandırmasıyla önem arz etmeye başlamıştır. Bu sebeple tasarımların doğru modellenmesi ve nihai amaca uygunlukları dijital ortamlarda test edilerek, nihai ürün daha tasarım aşamasındayken bir takım güncellemeler almaya başlamıştır. Tasarımların modellenerek dijital ortamlarda bir takım testlere tabi tutulması nihai üründen maksimum verim elde edilmesi adına, simulasyon programlarından olan Matlab üzerinde bir takım dijital tasarımlar ve yapılabilecek testler hakkında bilgi edinilmesi amaçlanmıştır.

2.1 Matlab Simulink & Simscape

Matlab Simulink; sistemleri modellemeye ve simülasyonunu (benzetimini) gerçekleştirmeye yarayan görsel bir yazılım ortamıdır. Matlab Simscape; ise mekanik ve elektronik ortamları birleştiren bir görsel arka plana sahiptir. Bunlara ilave olarak, bilgisayardan dış ortama veri aktarmak ve dış ortamdan bilgisayara veri almak gibi imkanlara Simulink'in klasik uygulamaları arasına girmiştir [2]. Ortak bir veri kümesi içerisinden alınan değerleri işleyerek elde edilen yeni verileri, havuza girdi olarak göndermek burada programın en büyük avantajlarındanır.

Modelleme işlemi: Simge sürekle-bırak mantığı ile taşınan bloklar kullanılır. Matlab kodu yazmak yerine, işlem blokları birbirine bağlanarak model diyagramları oluşturulur. Simulink kitaplık tarayıcısı kullanılarak farklı bloklara erişilebilir ve bu nedenle verimli bir şekilde bu ortamdan alınabilir [3].

Simulink öğeleri iki ana sınıf vardır

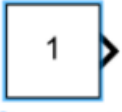
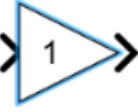


- Bloklar
- Çizgiler

Şeklindeir.

Blok diyagramlar: Simulink'te modelleme çalışması yapılırken, programın hali hazırda tanıdığı, gerekli parametreleri girdiğimizde sonuç çıktılarını alabileceğimiz fonksiyonları bileceği bloklar vardır. Bu bloklar pek çok sınıf altında belirtilmiş olsa da, her yeni sürümle birlikte güncellenmektedir [4].

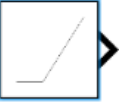
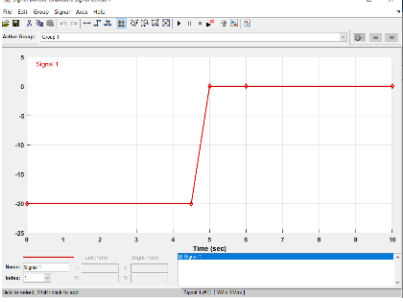
Matematiksel bloklar: Matematiksel modelin yapı taşlarını oluşturan matematiksel ifadeler simulink blok kütüphanesi içerisinde hazır fonksiyonlar olarak mevcuttur.

TABLO 1. Matematiksel Bloklar

 Constant	 Gain	 Sum	 Sine Wave
Constant Bloğu	Gain Bloğu	Toplam Bloğu	Sin Wave Bloğu
“Sabit değer” belirtilen sabitli çıktılardır. Bu değer sabit bir sayı olabileceği gibi bir dizi de olabilir.	“Kazanç bloğu” girişindeki değeri, kazanç adı verilen bir sabitle çarparak işler.	“Toplam bloğu” Girişlerin eklenilip veya çıkarıldığı bloktur. Girdiler toplanabilir ya da çıkartılabilir.	Zamana bağlı olarak, sinüs dalga formu oluşturmaya yarayan blok tipidir. Frekans ve genlik blok içerisinde tanımlanabilir.





Sinyal Bloklar: Sistem yapısı gereği matematiksel model ile elde edilen fonksiyona, bir giriş değeri verdiğimizde çıktı hakkında yorum yapabiliriz. Bu fonksiyona verilen bir giriş değeri için kullanılan sinyal bloklarından başlıcaları Tablo 2.’ de gösterilmektedir.

TABLO 2. Sinyal Bloklar

 Ramp	
Ramp Bloğu	Signal Builder Bloğu
Sürekli, artan veya azalan sinyal üretmeye yarayan bloktur. Değeri ve sinyal büyüklüğü ayarlanabilir.	“Sinyal Düzenleyicisi Bloğu” sinyalin hangi zaman aralıklarında hangi şiddetlerde olacağını ve ne sıklıkla gönderileceğini parametreler ile düzenlenebilir.


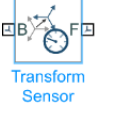

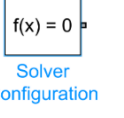
Mafsal bloklar: Mekanik bağlantı elemanları kütüphane içerisinde blok olarak mevcuttur. Döner mafsal , Prizmatik mafsal, rulman mafsal blokları içerisinde çekilebilen sinyaller ile, Benzetim boyunca anlık konum hız ivme verileri okunabilir. Pozisyon ve tork olarak girdi verilebilir. Tablo 3. 'de gösterilmektedir.

TABLO 3. Mafsalsal Bloklar

			
Revolute Joint	Prismatic Joint	Bearing Joint	Weld Joint
“Döner Mafsalsal” bloğu, istenilen ekseninde serbestlik derecesi 1 olan bir eklemi temsil eder.	“Kayar Mafsalsal” x-y ekseninde sabit kalırken z-ekseninde serbestlik derecesi 1 olan bir eklemi temsil eder	“Rulman mafsalsal” temsil eder. Üç dönme derecesi vardır. Bu ortak temel xy-düzlemde görece çeviri yasaklar.	“Kaynak Bağlantı” olarak benzetimi temsil eder. Herhangi bir serbestlik derecesi yoktur.

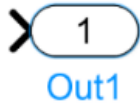
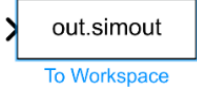


Görecelik blokları: Sistem çözümleri yapılırken, çözümlerde bir takım kabul ve bir takım ihmallerden yararlanır. Bu kabul ve ihmalleri benzetim programlarında betimlemek için kullanılan bir takım görecelik blokları vardır ve Tablo 4. 'de gösterilmektedir.

TABLO 4. Görecelik Bloklar

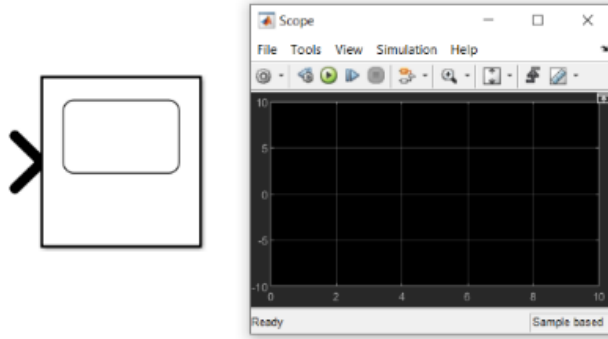
			
Rigid Transform	Transform Sensor	World Frame	Solver Configuration
Öklid uzayında her bir nokta çifti arasındaki Öklid mesafesini koruyan geometrik bir dönüşümdür.	İki uzuv arasındaki zamana bağlı ilişkiyi ölçer.	(Atalet referans çerçevesi) Çerçeve eksenleri ortogondur ve sağ el kuralına göre düzenlenmiştir.	Matlab Simulinkte sayısal çözüm yapabilmek için başlıca 2 tip ayar vardır. Sabit adım Çözümler Değişken adım çözümler

Çıktı, dönüşüm ve gözlem blokları: Simülasyon (benzetim) uygulamanın en önemli avantajlarından biri, sistemin tepki çıktılarını anlık olarak görebilmek ve kayıt altına alabilmektir deneysel çözümün aksine elde edilen veriler tekrar işlenebilir, geri beslenebilir, geçmiş analizler ile karşılaştırılabilir Tablo 5.'de gösterilmektedir.

TABLO 5. Çıktı, Dönüşüm, Gözlem Blokları

			
Out Bloğu	To Workspace	PS-Simulink	Simulink-PS
Sinyalleri sistemden, sistemin dışındaki bir hedefe atar.	Giriş sinyali verilerini matlab genel çalışma uzayı (workspace) alanına yazar.	Fiziksel bir sinyali Simulink çıkış sinyaline dönüştürür.	Simulink-PS Dönüştürücü Bloğu, giriş Simulink sinyalini fiziksel bir sinyale dönüştürür.

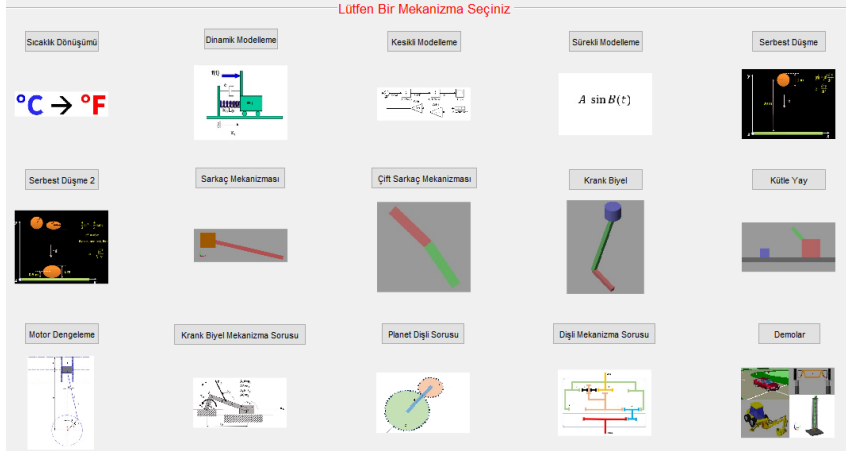
Scope bloğu “Osiloskop bloğu” Şekil 2. Scope bloğu benzetim boyunca ilerleyen sinyali gözlemleyebilmek için kullanılır. Herhangi bir sistemi, (elektronik, mekanik) matematiksel olarak modellediğimizde, sistemin fonksiyonuna uygulanan giriş değerlerine göre ortaya çıkan değişimleri inceleyebildiğimiz, yorumlayabildiğimiz veri setlerini, grafik formuna getirmeye olanak sağlayan bloktur.



Şekil 2. Scope Bloğu

2.2. Problemlerin modellenmesi

Mühendislik problemlerinin benzetiminde güncel bir çözüm yolu olarak bilgisayar programlarından olan MATLAB Simulink; Matlab programı ile entegre çalışmasıyla GUI' arayüzü ile programlanabilmektedir. Birbirinden farklı mekanizma, işlem ve problemlerden oluşan bu uygulamaları bir GUI penceresi Şekil 3. Uygulama Seçim Penceresi üzerinden parametrik olarak çözümlenebilir hâle getirilmiştir.



Şekil 3. Uygulama Seçim Penceresi

Oluşturulan uygulama ile seçilen problemin isminin üzerine tıklayarak gerekli Simulink dosyasını ve içerisine data girişi yapıp sonuçları açılacaktır.

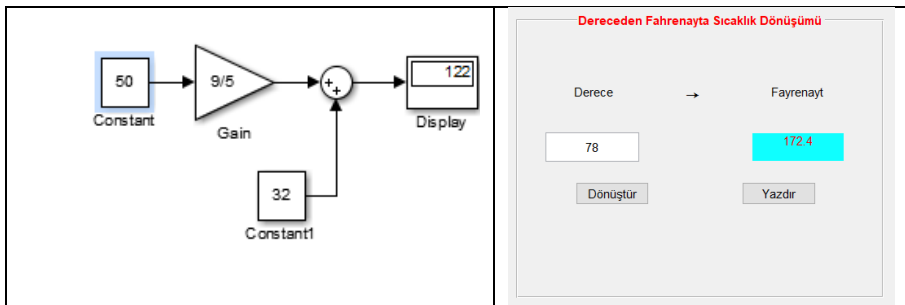
3. BULGULAR

Matlab simulink ortamı ile elde edilebilen farklı türlerde benzetim programları için örnekler içeren bir alt program tasarımı yapılmıştır. Bu çalışmada, tasarlanan programlar üzerinden literatüre faydalı Türkçe kaynak oluşturulması da amaçlanmıştır.

Statik modelleme: Zamandan bağımsız bir analiz olarak; matematiksel bir fonksiyon olan, santigrat dereceden fahrenheitye dönüşüm yapan bir Denklem 1' deki gibidir..

$$F = \frac{9}{5} (°C) + 32 \quad (1)$$

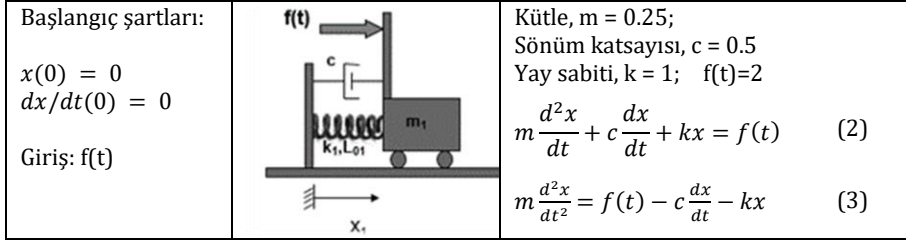
Şekil 4. 'de bulunan statik model görselinde Constant1 için 32 sabit değeri girilirken, Diğer Constant2 değeri için ise dönüşümü yapılmak istenilen fahrenheit değeri bir değişken girdi olarak beklenmektedir.



Şekil 4. Statik Modelleme

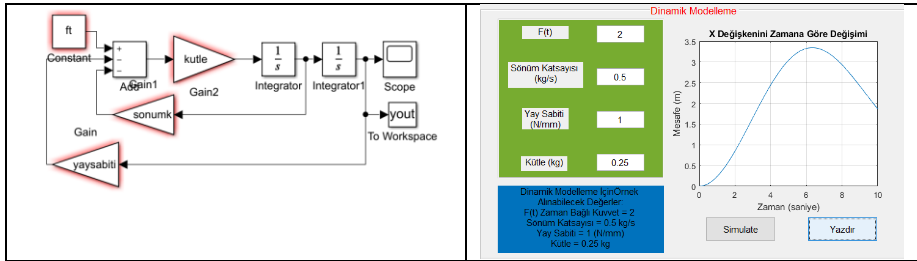
Dinamik modelleme Titreşim, enerjinin madde üzerinde depolanmasından kaynaklanan salınım hareketlerinin bütünüdür. Enerji, hiçbir şekilde yok olmaz başka ortamlara geçiş yapar ya da

hareket yoluyla maddeye veya eyleme dönüşür [6]. Titreşim hareketi, zamana ve mekana bağlı olarak incelendiğinde, dinamik bir modelleme olarak Şekil 5. 'de ki gibi verilen sistemin; matematiksel modeline göre; $t = 0$ 'da genliği 3 olan adım fonksiyonu verilen değerlerde ve istenilen herhangi bir değerde çalışması için, x değerinin değişimini Simulink üzerinde modelleyip değeri okunabilmektedir [6].



Şekil 5. Dinamik Model

Program blok diyagramınının temelini oluşturduğumuzda, t zamanda $f(t) = 2$ olduğunda x değerindeki artış 6 saniye kadar artmış sonrasında yayın geri çekmesinden dolayı azalmaya başlamıştır.



Şekil 6. Dinamik Modelleme

Kesikli modelleme Kesikli modelleme; zamanın tek bir noktasında oluşan ani bir harekettir. Zamana bağlı olarak belirli sıçramalara neden olan ani harekettir.

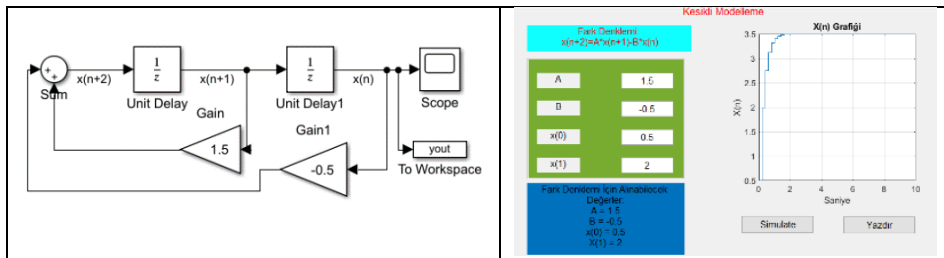
Fark Denklemleri:

$$x(n+2) = 1.5x(n+1) - 0.5x(n)$$

Başlangıç şartları tanımlamalarımız şu şekildedir;

$$y(n) = x(n); x(0) = 0.5; x(1) = 2.0; Dt = 10.0$$

(4)



Şekil 7. Kesikli Modelleme

Birim Gecikme bloğu, sistemi anlık olarak belirtilen değerde sabit tutmak için kullanılan bir bloktur. Bu sebeple 1. Unit delay bloğu $X(1)=2.0$; olacak şekilde tanımlandığında, ilk başlangıç değerleri verildikten $t=0$ sonra işlem gerçekleştirilir ve $t=1$ zamanda Scope ile gösterime hazır hale gelir.

Sürekli modelleme

Simulink üzerinde sürekli (kesintisiz) model oluşturabilir; matematiksel modeli bir trigonometrik fonksiyon olan sinüs eğrisi sürekli modelleme için örnek olacaktır.

Referans olarak $3\sin(2t)$ alınırsa,

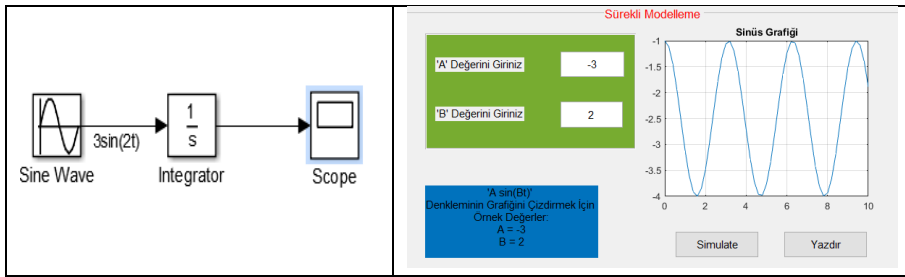
$$\frac{dx}{dt} = -3\sin(2t)$$

Giriş: $A\sin(Bt)$

Çıkış: dx/dt

(5)

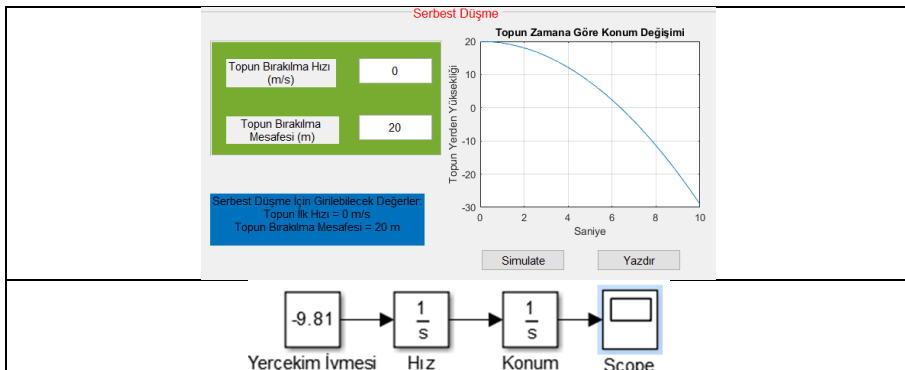
parametre: Başlangıç şartı $\rightarrow x(0)$



Şekil 8. Sürekli Modelleme

Oluşturulan simulink modelinde giriş parametrik bir fonksiyon olarak tanımlanmıştır. Bu değerleri workspace veri tabanından okuyabilmektedir.

Açık döngü modelleme: Geri besleme olmaksızın serbest düşmenin gözlemlenebileceği bir model tasarlandığında, 1 metre çapında bir topun 20 metre yükseklikten serbert düşmesi referans alınmıştır [7].



Şekil 9. Açık Döngü Modelleme

Yerçekimi ivmesini temsilen 1 tane Constant sabit değeri tanımlanabilir. Topun ilk konum değeri 20 m olarak ayarlanır. Sonuç grafiğinde 20 metre yükseklikten ilk hızsız bırakılan topun 10 saniye zemine çarpmadan 50 metre yol almıştır.

Kapalı döngü modelleme: Geri beslemeli bir model olarak belirli bir yükseklikten serbest bırakılan topun zemine çarptıktan sonra tekrar zıplaması modellenilebilir.

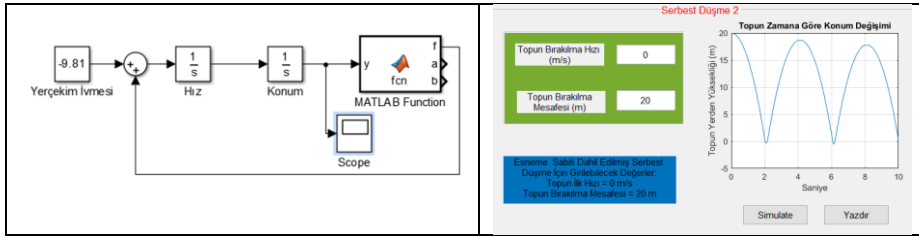
Referans Değerleri

Top çapı = 1 metre

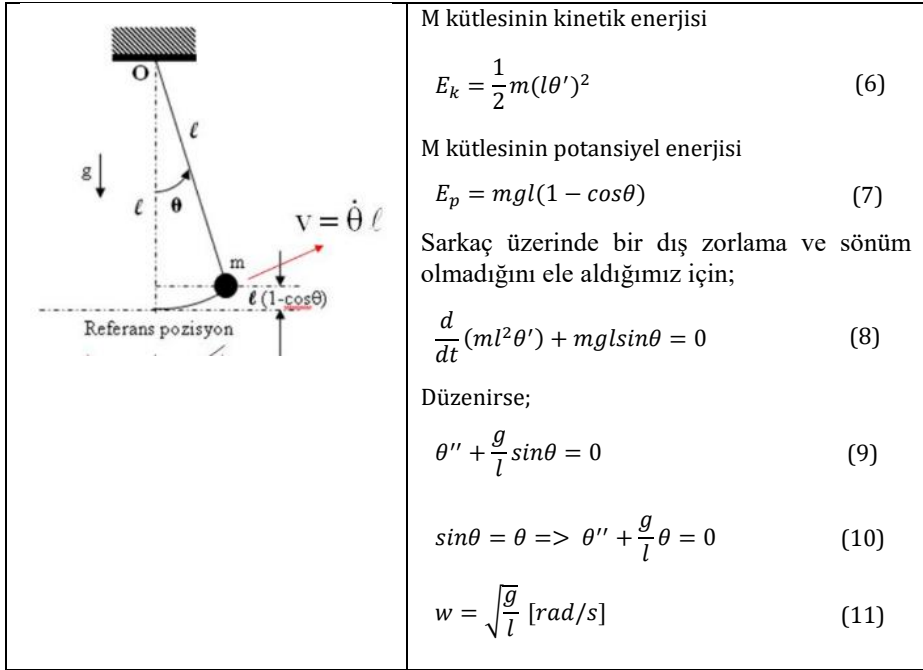
Topa etkiyecek yay sabiti $k=500$;

Top yalnızca yerçekimi etkisi altında

sıfır (0) konumunda bir zemin tanımlaması yapılırsa, zemine çarpan top herhangi bir kuvvet kaybetmeden esnek bir şekilde yükseldiğini **function** bloğu ile kod yazarak tanımlanabilir. Grafikte 20 metre yükseklikten bırakılan topun 10 saniye zemine çarpmadan aşağıya 20 metre düştükten sonra yer çarpma kuvveti onu yükseltmiştir.

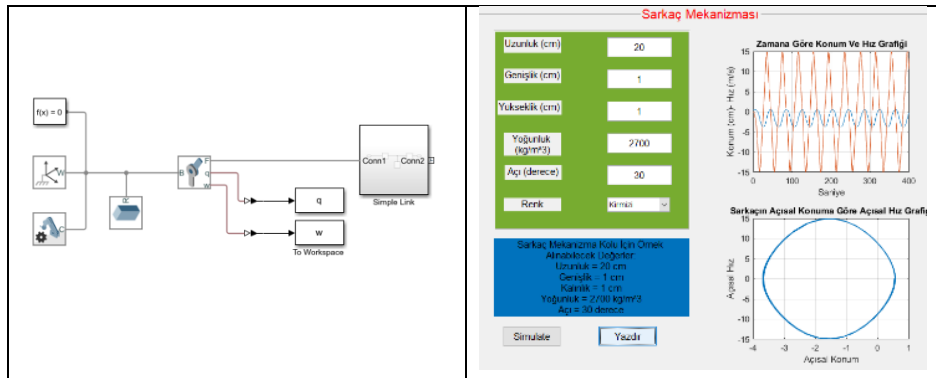


Basit sarkaç: Modeli ele alındığında; bir m kütlesi; L boyunda bir ip ile; O noktasından bağlanmış olacak şekilde, bu m kütlesine etkiyen tek kuvvetin yer çekimi olduğu varsayıldığında, hava sürtünmesi ve ip gerilmesi ihmal edilmiş olacaktır. Bu basit sarkaç modelinin lagrange yöntemi ile hareket denklemleri Şekil 11.'de ele alınmıştır [8].



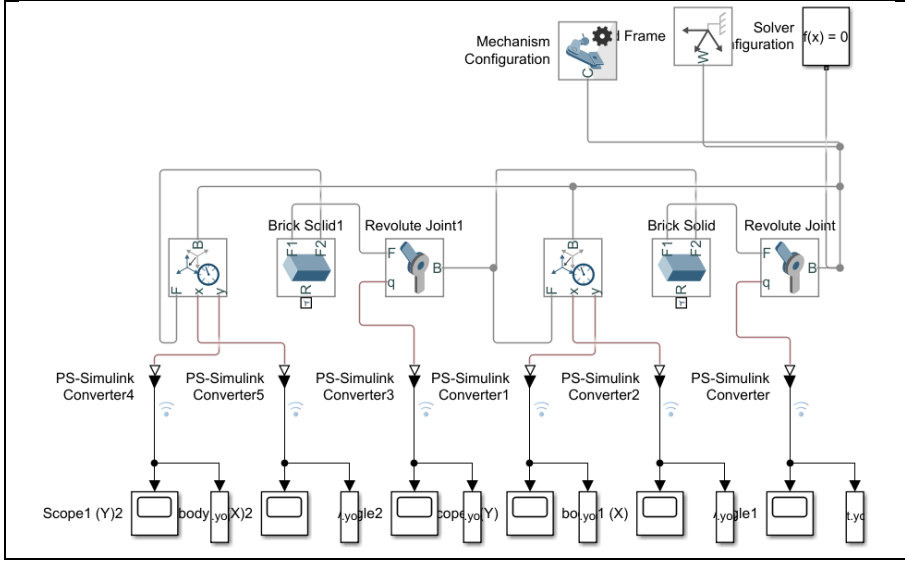
Şekil 11. Basit Sarkaç Modeli

Elde edilen bu denklemler Simulink üzerinde modellenebilir.



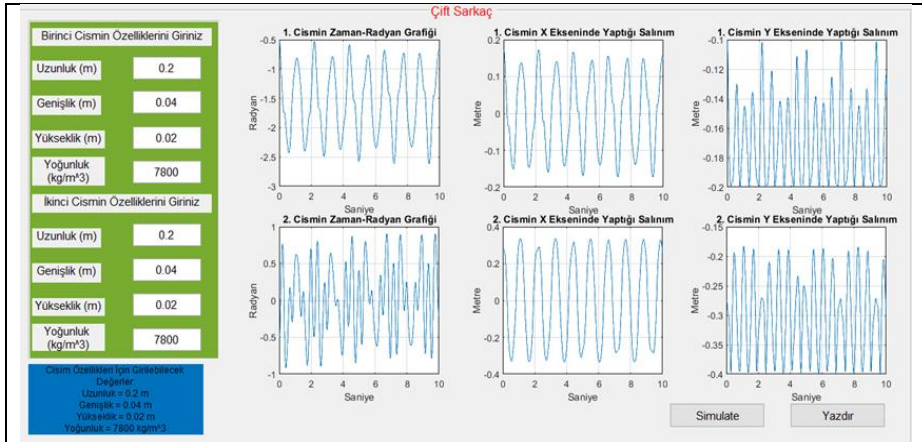
Şekil 12. Sarkaç Mekanizma Penceresi

Çift sarkaç: Analitik olarak çözümü daha karmaşık olan, çift sarkaç mekanizmasını, simmechanics üzerinde brick solid olarak modellenebilmektedir. Revolute joint (döner mafsalları) ile birleşmeyle modellenen sistem üzerinde, bir aktivatör ile tahrik verilebilir, mafsallardan alınan sensör verileri ile konum-açı-hız değerleri okunabilir [9].



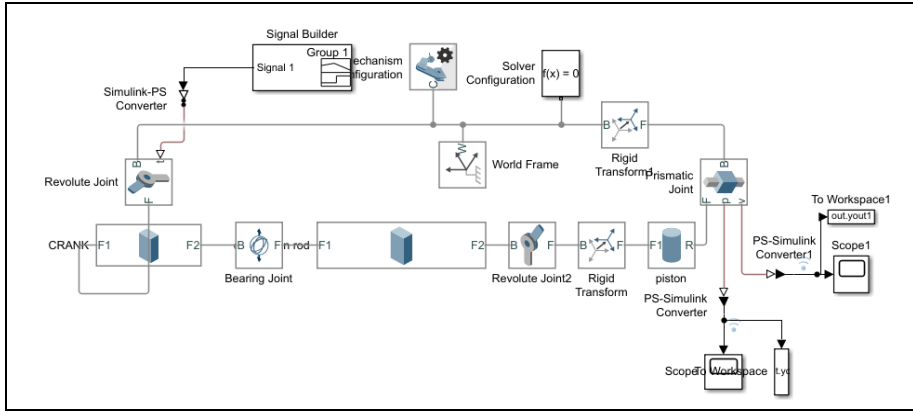
Şekil 13. Çift Sarkaç Mekanizması Modeli

Burada mafsal bloklarından faydalandığında, konum, hız, ivme değerleri tek bir gui sayfası ile Workspace veri tabanından alınarak sonuçlar benzetim yöntemiyle elde edilmiştir.



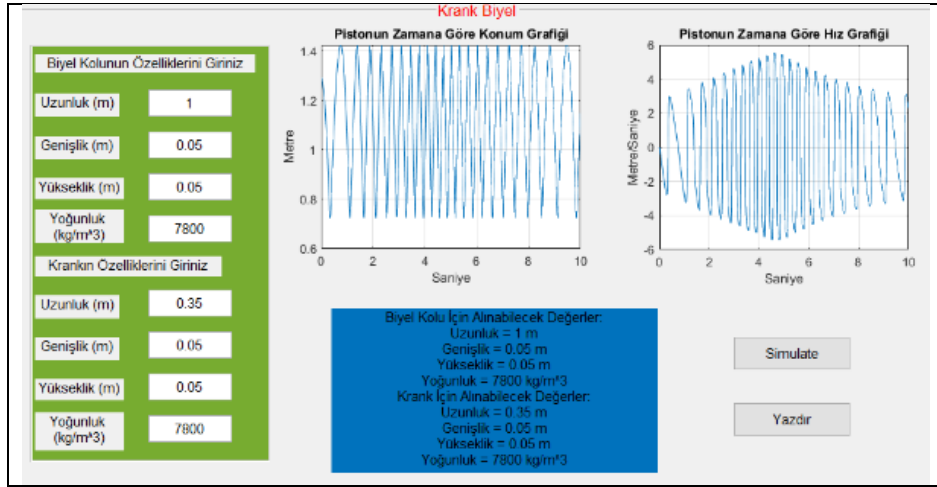
Şekil 14. Çift Sarkaç Mekanizma Penceresi

Krank-Biyel modelleme: Zemin:1 uzvu, Krank:2 uzvu, Biyel: 3 uzvu, Piston:4 uzvu olmak üzere 4 uzvu bir mekanizmadır. 3R döner mafsal ve 1P kayar mafsal bulunmaktadır. Krank-biyel mekanizmasının serbestlik derecesini 1 olduğu bilinmektedir. Buna göre mekanizma içerisindeki mafsalardan bir etki verdiğimizde mekanizmanın harekete geçmesi beklenir.



Şekil 15. Krank Biyel Mekanizması Modeli

Burada pistonun krank-biyel mekanizmasından bildiğimiz üzere; dönmeden sadece öteleme hareketi yapmasını istiyoruz. Model içerisinde bulunan mafsallardan alınan sensör verileri okunup, işlenebilmektedir.



Şekil 16. Krank Biyel Mekanizma Penceresi

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüz bilim ve teknoloji şartlarına göre, bilgisayar destekli benzetim uygulamalarının sayısı artacağı kuşku görmez bir gerçektir. Matris tabanlı bir platform olan matlab yazılımı etkin modülleri sebebiyle bir çok örnek barındırabilen bir yazılımdır.

Bir sistem; tasarım aşamasında, hayal edilip, modellenmesinin ardından, matematiksel ve fiziksel yorumlanmasına ihtiyaç duyar. Bu çalışmalarını yaparken bahsedilen tasarımların yanında CAD programı üzerine kurulabilecek bir eklenti ile blok şemalara geçiş mümkündür.

Burada en önemli nokta mekanik bir sistem için mafsallar ve bu mafsalların montaj tanımlamalarının detaylı ve yeterli şekilde yapılmasıdır.

Ek olarak matlab sinyal iletişim modülleri ile elektronik devre kartlarına dijital ve analog sinyaller gönderilebilir.

Mühendislik disiplinleri arasında tartışmasız bir birliktelik vardır. Mekanik bir hareket bir enerji sinyali gibi davranabilirken; bir sinyal; bir mekanizma için gerekli momentin kaynağı olabilmektedir.

Bu ilişkilerin çözümlenebilmesi için herhangi bir tasarım aşamasında, sistemin davranışlarını elektronik ortamda inceleyebilecek benzetim programlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bir benzetim programı olarak Matlab programı, genel matematiksel modelleme kavramı üzerinden incelenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] YÜKSEL, İ. (2016). Otomatik Kontrol. Bursa.
- [2] ARİFOĞLU, U. (2020). Simulink 10.1 ve Uygulamaları.
- [3] ARİFOĞLU, U., KUBAT, C. (2003). MATLAB ve Mühendislik Uygulamaları. İstanbul: Alfa Basıl Yayım Dağıtım.
- [4] MATWORKS. (2020). <https://www.mathworks.com/help/simulink/> adresinden alındı.
- [5] KARAHAN, M.M.F. (2019). Makine Dinamiği Ders Notları. MANİSA.
- [6] BAĞDATLI,S.M., KARAHAN,M.M.F., TAHRALI, N., ÖZHAN,B.B., (2017). Mekanik Titreşimler Teorik Açıklamalar ve Uygulamalar, Şeçkin Yayınevi.
- [7] Bağdatlı, S. M. (2018). Sistem Analizi Ders notları. MANİSA.
- [8] SÖYLEMEZ, E. (2015). Mekanizma Tekniği. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- [9] Jaiswal, D. S. (2020). System Analysis Ders Notları. FİNLANDİYA.

YERALTI MADENCİLİĞİNDE MEYDANA GELEN GÜRÜLTÜ ŞİDDETİNİN İNCELENMESİ

Ayla TEKİN¹, Mustafa Oğuz NALBANT^{1,*}, Mustafa ORHAN¹, Fırat TEKİN¹,
Fatih SUVAYDAN¹, Kemal BERKİ¹, Sami GÜMÜŞ², Aslı Aydın SAVRAN²

Accepted: 2022-07-19
DOI: 10.47118/somatbd.1110492

ÖZET

Ülkemizde madencilik, iş gücü kapasitesinin büyük olduğu sektörlerden birisidir. Söz konusu zaman ve ekonomik değerlerin ön planda olması, aynı zamanda çalışma şartlarının ağırlığı yeraltı madenciliğinde güçlü iş makine ve ekipmanlarının da işçiler ile aynı iş sahasında olmasını zorunlu kılmaktadır. Günümüz madencilik sektöründe kullanılan maden makinelerinin aşırı seviyede gürültü kirliliği oluşturduğu ve işçilerin bu gürültüyle maruz kalmaları en sık karşılaşılan meslek hastalıklardan birisi olan işitme kaybı riskini doğurmaktadır.

Yeraltı maden ocakları işçilerinin etkisi altında kaldıkları gürültü seviyesini, seviyenin yaşam kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini ve gürültü etki seviyesinin standartlara uygunluğunu değerlendiren çalışmalar ülkemizde yok denecek kadar azdır. Bu çalışmada yeraltı madenciliğinde gürültü kaynaklarının şiddeti her bir frekans değeri için ayrı ayrı belirlenmiş ve işçi sağlığı ve güvenliği için ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı Madenciliği, Gürültü, Gürültü Analizi, İşçi Sağlığı ve Güvenliği

INVESTIGATION OF NOISE INTENSITY IN UNDERGROUND MINING

ABSTRACT

In Turkey, mining is one of the sectors with a large workforce capacity. The fact that the workers are at the forefront of time and economic values in the sector, as well as the weight of the working conditions, make it necessary to have powerful machinery and equipment in the same work area as the workers in underground mining. The mining machinery used in today's mining industry creates excessive noise pollution and the exposure of workers to this noise causes the risk of hearing loss, which is one of the most common occupational diseases.

Studies evaluating the level of noise under the influence of those working in underground mines, its effects on quality of life and the compliance of noise exposure level according to standards are almost non-existent for Turkey. In this study, the intensity of noise sources in underground mining was determined separately for each frequency value and evaluated in terms of worker health and safety.

Keywords: Underground Mining, Noise, Noise Analysis, Occupational Health and Safety

* Soma Vocational School, Manisa Celal Bayar University, mustafa.nalbant@cbu.edu.tr, sorumlu yazar

¹ Soma Vocational School, Manisa Celal Bayar University

² Soma Medigun Hospital

1. GİRİŞ

Günümüzde modern teknolojinin ve endüstriyel kalkınmanın ulaştığı seviye, bünyesinde birçok pozitif gelişme barındırmakta ancak yaşamı kolaylaştırmaya yönelik bu çalışmaların insan sağlığını negatif yönde etkileyen tarafları da vardır. Bu tür olumsuzluklara verilebilecek örneklerden birisi de gürültüdür.

Gürültü, duyumu hoş olmayan, maruz kalınması arzu edilmeyen katı, sıvı ve gaz fazlarında basınç değişimi ile vuku bulan mekanik titreşimlerdir. Ortamdaki havanın basıncında meydana gelen değişimler, dalgalar şeklinde duyu organları tarafından algılanır ve ses olarak tanımlanır. Ses dalgasının hareketini betimleyen titreşim; frekans ve şiddeti ile ifade edilir [Tedik, 2020]. Tablo 1.1’de çeşitli gürültü şiddetlerinin meydana geldiği mahallerde işçilerin maksimum çalışma süreleri verilmiştir.

Tablo 1.1 Maruz Kalınan Gürültünün Şiddeti ve Günlük Çalışma Süreleri [T.C. Aile Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2020]

Şiddet dB(A)	Süre (Saat/Gün)
<85	Süresiz
85	8
88	4
91	2
94	1
97	½
100	¼
103	1/8
110	Çalışamaz

Gürültüye maruz kalan çalışanın ruh ve beden sağlığına tehdit olan gürültünün, genel olarak sağlık üzerindeki olumsuz etkileri dört ana grupta ele alınabilir. Bunlar fizyolojik, fiziksel, psikolojik ve performans etkiler olarak ayrılabilir [Tedik, 2020].

Fiziksel Etkiler: İşitme duyusunda meydana gelen tahripler ve bozukluklar, gürültünün insan sağlığına fiziksel etkisi olarak verilebilecek en önemli örneklerden birisidir. İşitme bozukluğu, duyma eşliğindeki yükselme olarak tanımlanır.

Fizyolojik Etkiler: İşitme kayıpları, kalp atışlarında değişim, baş ağrısı, dolaşım bozuklukları, kan basıncının artması, terlemede artış, solunumda hızlanma, mide bulantısı, göz bebeklerinde büyümeye neden olabilir.

Psikolojik Etkiler: Uyku bozuklukları, davranış bozuklukları, konuşurken bağırma, hoşnutsuzluk, tedirginlik, aşırı sinirlilik ve tepkiler, baş ağrıları, stresler olarak sıralanabilir.

Performans Etkileri: İş kalitesinin ve veriminin düşmesi, hareketlerin yavaşlaması, konsantrasyon bozukluğu, dinlenmenin bozulmasına sebep olabilir.

Gürültünün insan sağlığı için en öne çıkan etkisi işitme sistemine olmaktadır [İkuharu vd., 1997]. İlk bakışta gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkisi sadece işitme kaybı gibi ortaya çıkan

bir meslek hastalığı gibi düşünülse de insan bedeni üzerindeki etkileri ele alındığında iş kazalarının nedenleri içerisinde mühim bir yer oluşturmaktadır [Bayea, 2007]. Bu nedenle işletmelerde, gürültü kaynağı olarak betimlenen ünitelerin gürültü seviyelerinin ölçümleri yaptırılarak kontrol altında tutulmalı ve ilgili yönetmelikte belirlenen eşik değerlerini aşması önlenmelidir [Ceylan, 2008].

Tehlikeli gürültüye maruz kalma, dünyadaki en yaygın mesleki risklerden biridir. Kişiler uzun süreli şiddetli gürültüye veya 87 dBA'nın üzerindeki seslere maruz kaldığında geçici veya kalıcı işitme kaybı meydana gelir [Erol, 2022]. İşitme kaybı, gürültünün neden olduğu bilinen en önemli olumsuz fizyolojik etkilerden birisidir [Nelson vd., 2005]. İşitme kayıpları genellikle gürültünün yoğunluğuna, gürültünün sürekli/sürekli doğasına, yaşa, gürültülü ortamlarda geçirilen toplam süreye, gürültüye karşı hassasiyete ve vücudun fizyolojik durumuna bağlıdır. Günümüzde çeşitli sektörlerde gürültünün işçiler üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma mevcuttur. Sheldon Cohen ve arkadaşları araştırmalarında; Uçak Gürültüsünün okuldaki çocuklar üzerindeki fizyolojik, motive edici ve bilişsel etkilerini araştırılmıştır. Araştırmada gürültü ölçüm cihazı ve odyometreden faydalanılmıştır [Cohen vd., 1980]. Bo ve arkadaşları çalışmalarında; Yeraltı madeni doğa şartlarının çalışanların sağlığı üzerindeki etkileri incelemiştir. Çalışma sonucunda madendeki yüksek sıcaklık ve yüksek nemin vücut fizyolojisi ve iş gücü verimliliği üzerindeki zararlı etkisi olduğu ve iş sağlığı standartlarını referans alınması gerektiği, nicel ve doğru olarak analiz edilmiştir [Bo cd., 2014]. Kuang ve diğerleri, yüksek frekanslı işitme kaybının gürültüye maruz kalan işçiler arasında hipertansiyon ve kan basıncı ile ilişkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda artan yıllardaki mesleki gürültüye maruz kalma ve bilateral yüksek frekanslı işitme kaybının, sistolik ve diyastolik kan basıncı artışı ile anlamlı derecede ilişkili olduğu saptanmıştır [Kuang vd., 2019].

Lawson ve ark., madencilik ve petrol ve gaz çıkarma sektörlerindeki gürültüye maruz kalmış ABD çalışanları arasında işitme kaybı yaygınlığı üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir [Lawson vd., 2019]. Veljovic ve ark. üç yıllık sürede makine presinde çalışan işçilerin gürültünün arteriyel gerginlik ve kalp atış hızı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, üç yıllık süre boyunca deneklerde arteriyel gerginliğin arttığı ve gözlemlenen sürenin sonunda arteriyel hipertansiyon derecesi 1 tanısı olan hastalar olarak kabul edildiği rapor edilmiştir [Veljovic vd., 2019].

Günümüz teknolojisinde gürültü, birçok sektörde olduğu gibi maden işletmelerinde de önemli bir sorun halinde gelmiştir [Akbay vd., 2019]. Çok tehlikeli işler grubunda yer alan madencilik sektöründe faaliyetler oldukça zor şartlarda yürütülmekte ve koşullara göre farklı makinelerle kazı, tahkimat ve nakliyat yapılmaktadır. Bu makineler ise çeşitli gürültü seviyelerine sahiptir. Çalışan uzun süre bu gürültülere maruz kaldığında geçici veya kalıcı işitme kayıplarına uğramaktadır. İlk bakışta gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkisi sadece işitme kaybı gibi meydana gelen bir meslek hastalığı gibi düşünülse de işitme kayıplarının personel üzerinde psikolojik ve fizyolojik etkileri bulunmaktadır. İnsan bedeni üzerindeki bu etkileri ele alındığında iş kazalarının nedenleri arasında gürültünün önemli etkisi olduğu görülmektedir. Bu nedenler göz önüne alındığında çalışma ortamlarındaki gürültü eşiklerinin, işçi sağlığının korunabilmesi ve iş güvenliğinin sağlanabilmesi için azami değerler altında tutulması zorunludur. Ayrıca maden ortamında mevcut çalışma ortamının gürültü seviyeleri ve çalışan işçiler üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi, iş sağlığı ve güvenliğine uygun çalışma ortamlarının kurulabilmesi açısından önem arz etmektedir. Literatürde son zamanlarda madenlerde gürültünün etkileri ile ilgili çalışmalarla karşılaşılmaktadır [14-19].

Bu çalışmada yeraltı madenciliğinde gürültü kaynaklarının şiddeti her bir frekans değeri için ayrı ayrı belirlenmiş ve işçi sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METHOD

Çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu bünyesinde bulunan Şekil 2.1 de görülen yeraltı eğitim ocağında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.1 Ölçümlerin yapıldığı Yeraltı Maden Eğitim Ocağı

Ölçümler; yeraltı maden işletmelerinde sürekli gürültü kaynağı olan Şekil 2.2 de gösterilen sırasıyla a) Zincirli Konveyör, b) Bandlı konveyör, c) Su atım sistemlerinin ve d) Havalandırma sistemlerinin bir arada çalıştığı ortak mahalde yapılmıştır. Ölçüm için PCE 430 marka gürültü ölçüm cihazı seçilmiştir.

Tablo 3.1 Yeraltı Eğitim Ocağı Kullanılan Makinelerin Gürültü Şiddetleri

Gürültü Kaynağı	Gürültü Şiddeti (dB)
Zincirli Konveyör	94
Bandlı Konveyör	86
Su Atım Sistemi	84
Havalandırma	88



a) Zincirli Konveyör



b) Bandlı Konveyör



c) Su Atım Sistemi



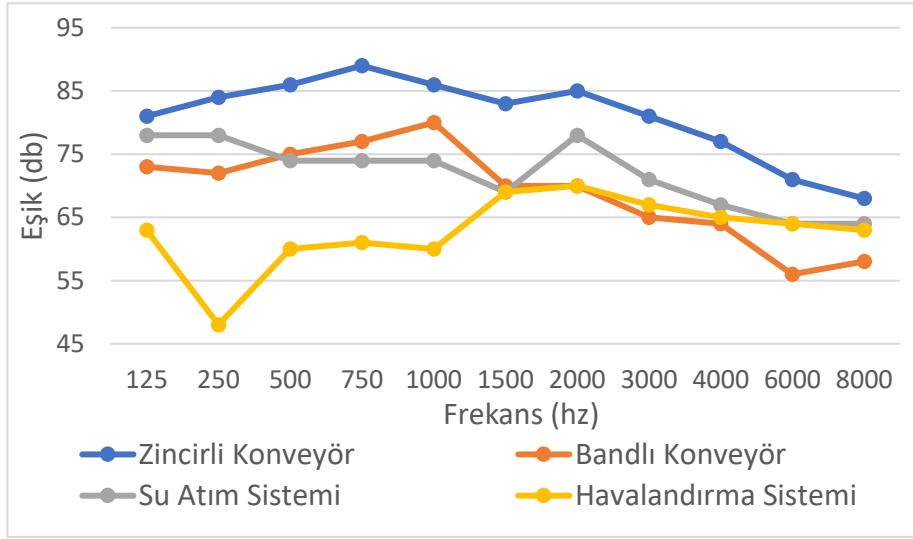
d) Havalandırma Sistemi

Şekil 2.2 Yeraltı Maden Ocağında Bulunan Gürültü Kaynakları

3. SONUÇLAR

Yeraltı maden ocaklarında üretim aşamasında kullanılan gürültü kaynaklarının her birinin gürültü seviyeleri Tablo 3.1’de listelendiği gibi ölçülmüş ve gürültü şiddeti 84 -94 dB(A) arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çoğu maden işçisine işe başlamadan önce uygulanan odyometri testlerinde işitme eşiklerini belirlemek adına 125 Hz - 250 Hz - 500 Hz - 750 Hz - 1 kHz - 1.5 kHz - 2 kHz - 3 kHz - 4 kHz - 6 kHz - 8 kHz frekanslı ve 0 dB - 10 dB - 20 dB - 30 dB - 40 dB - 50 dB - 60 dB - 70 dB - 80 dB - 90 dB - 100 dB - 110 dB yoğunluğa sahip sesler rassal olarak verilir. Rastgele frekans ve yoğunluk eşleştirmesi yapılarak kişi işitme testi tamamlanır. Şekil 3.1’de odyometri testlerinde kullanılan frekans değerlerine karşılık gelen gürültü kaynaklarının gürültü şiddetleri verilmiştir.



Şekil 3.1 Gürültü kaynaklarının her bir frekans başına gürültü şiddeti

Çalışma sonuçlarından yeraltı maden ocaklarında üretimde kullanılan makinelerin oluşturduğu gürültünün özellikle kişisel koruyucu ekipmanları kullanmamaları durumunda işçinin işitme sağlığına zararlı olabilecek seviyede olduğu görülmüştür. Bu nedenle, çalışma ortam gürültüsünün yüksek düzeyde olduğu ünite alanlarında çalışacakların maruz kaldıkları gürültü düzeyini azaltmak için kişisel koruyucu donanımlarını kullanması önerilmektedir. Ayrıca ortamdaki gürültünün işitme ve diğer fizyolojik sistemler üzerindeki zararlı etkileri ve gürültü seviyelerinin azaltılması konusunda çalışanlarda farkındalık oluşturulmayı amaçlayan eğitimlerin verilmesi ve denetimlerin yapılması önerilmektedir. İşverenlere, çalışanlarının sağlık muayenelerini ve sağlık eğitimini yöneterek, düzenli aralıklarla odyometri ölçümü yaptırılarak dikkate değer bir işitme kaybı olup olmadığı gözlenerek risk faktörlerini değerlendirmeleri tavsiye edilir.

Bu çalışma bir başlangıç çalışması olup, akabinde yeraltı maden işletmesi çalışanlarının maruz kaldığı gürültünün odyometrik, kardiyovasküler ve nörolojik gibi fizyolojik etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2019-083 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Tedik, M., “Plastik Enjeksiyon Tesislerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Gürültü Ölçümü ve Uygulamaları”, İstanbul Rumeli Üniversitesi, Eğitim Enstitüsü, İş sağlığı ve güvenliği ABD, İstanbul, 2020, 108 s. (Yüsklisans Tezi).
- [2] T.C. Aile Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. Gürültü düzeyi ve çalışma süresi arasındaki ilişki. <http://www.guvenlitarim.gov.tr/files/rhbr/Rehberi.pdf> (Erişim Tarihi: 10.01.2020).
- [3] Ikuharu M, Kazuhisa M, Shintaro T. Noise-Induced Hearing Loss in Working Environment and its Background, *Journal of Occupational Health*. 1997, 39(1), 5-17.
- [4] Beyea, S. C. Noise: A Distraction, Interruption, and Safety Hazard. *AORN Journal*, 2007, 86: 281-285.
- [5] Ceylan, H. (2008). Mermer Madenciliği ve Çevre Kanunu. CBÜ Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 1(9), 29-38.
- [6] Erol, İlknur. "Investigation of Occupational Noise-Induced Hearing Loss of Underground Coal Mines." *Mining, Metallurgy & Exploration* (2022): 1-16.
- [7] Nelson DI, Nelson RY, Barrientos MC, Fingerhut M (2005) The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *Am J Ind Med* 48:446–458.
- [8] Cohen, S., Evans, G. W., Krantz, D. S., & Stokols, D. Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: Moving from the laboratory to the field. *American Psychologist*. 1980, 35(3), 231-243.
- [9] Bo Y, Chao W, Ji L, Huimin L. Physiological responses of people in working faces of deep underground mines. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2014, 24(5), 683-688.
- [10] Kuang, D., Yu, Y., Tu, C. Bilateral high-frequency hearing loss is associated with elevated blood pressure and increased hypertension risk in occupational noise exposed workers *Plos One*. 2019, 14(9): 1-11.
- [11] Lawson SM., Masterson EA., Azman AS. Prevalence of hearing loss among noise-exposed workers within the Mining and Oil and Gas Extraction sectors, 2006-2015. *Am J Ind Med*. 2019, Oct;62(10):826-837.
- [12] Veljovic, F., Burak, S., Begic, E., Masic, I. Noise Effect on Blood Pressure and Heart Rate - Regression Analysis in Service of Prediction. *Acta Inform Med* 2019, 27(3):162-166.
- [13] Akbay, D, Altındağ, R, Şengün, N. Geleneksel Yöntemle Açılan Karayolu Tünellerinde Çalışanların Gürültü Maruziyetlerinin Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*. 2019, 22(4): 1053-1060.
- [14] Erdem, Bülent, et al. "Açık maden işletmelerindeki iş makinesi operatörlerinin gürültü maruziyetinin incelenmesi." *Bilimsel madencilik dergisi* 56.4 (2017): 148-165.

[15] Edız, I. Göktay, et al. "Madencilikte gürültü sorunu ve gürültüye bağlı işitme kayıpları." Journal of science and technology of dumlupınar university 003: 50-64.

[16] Çetin, Oktay. "OAL'de gürültüye bağlı işitme kayıplarının incelenmesi." Bilimsel madencilik dergisi 39.4 (2000): 39-45.

[17] Erol, İlknur. "Investigation of Occupational Noise-Induced Hearing Loss of Underground Coal Mines." Mining, Metallurgy & Exploration (2022): 1-16.

[18] Sensogut C. "Occupational Noise in Mines and Its Control – A Case Study", Polish Journal of Environmental Studies. 2007;16(6):939-942.

[19] Cem Sensogut, Ibrahim Cinar, An empirical model for the noise propagation in open cast mines – A case study, Applied Acoustics, Volume 68, Issue 9, 2007, Pages 1026-1035, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2006.04.016>.

MOTOR YAĞI ANALİZ YÖNTEMİ İLE MOTOR YAĞI KULLANIM SÜRELERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Tamer CEBECİ¹, Mustafa ORHAN²

Accepted: 2022-07-19
DOI: 10.47118/somatbd.1106365

ÖZET

Yağ analiz yöntemi, yağlama yağları, hidrolik yağlar ve greslerdeki aşınma parçacıklarını inceleyen koruyucu bir bakım tekniğidir. Bu yöntem, yağ özelliklerinin sürekli incelenmesi, aşınma parçacıklarının miktarını, cinsini ve aynı zamanda aşınmanın tipini belirlemede kullanılır. Bu yöntem bir makinenin veya motorun yağlanan elemanlarının durumu hakkında önemli bilgiler sağlayabilir. Yağların numune alınarak sürekli olarak özelliklerinin incelenmesi ve analizi sayesinde, kullanım ömürleri arttırılabilir. Toz girişi, yağa su veya yakıt karışması gibi çok ciddi problemler teşhis edilebilir.

Bu çalışmada, Soma ELİ'nde kullanılan kamyon motor yağları incelenmiş ve motor yağlarının kullanım zamanıyla kimyasal ve fiziksel değişimleri gözlemlenmiştir. Standartlara uygun olarak alınan yağ numuneleri analiz cihazlarında incelenmiştir. Aşınmalar nedeniyle yağ içerisinde oluşan farklı element miktarları ve yağ özellikleri kontrol edilerek, olası arıza hakkında karar verilmektedir. Bu yöntemle motorların yağ kullanım süresi uzamış ve işletme verimliliği artışı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yağ analizi, aşınma, yağ kullanım süresi

IMPROVEMENT OF MOTOR OIL USE TIME by MACHINE OIL AND ANALYSIS METHOD

ABSTRACT

Wear particles analyses method is a predictive technique investigating wear particles from lubricant oils, hydraulic oils and greases. This method is used not only to determine the size, shape, and type of wear particles, but also the type of wear. Using this method can provide important information about the condition of a machine's or engine's lubricated components. Serious problems such as dust entrance, mixing of water or fuel may also be determined.

In this study, work machines used in Soma ELİ were investigated and breakdowns in them were predicted. Oil samples were filtered as suitable standards. Probable breakdowns have been determined controlling border values of obtained particules quantity (PQ). This filter paper were investigated using a microscope and observed particules were compared with wear atlas. Wear particles analyses method was established and the role of particles in wear was investigated. With the use of this method, the working life of engine's has increased and a better was plant performance was obtained.

Key Words: Oil analyses, wear, oil life.

¹ Öğr., Gör., MCBÜ Soma Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, tamer.cebeci@cbu.edu.tr

² Öğr., Gör., MCBÜ Soma Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, mustafa.orhan@cbu.edu.tr

1. GİRİŞ

Makinelerde kullanılan yağların analiz edilmesi, arızanın önceden belirlenmesi, tamir ve işletme masraflarının azaltılması ve verimli çalışma için önemli bir koruyucu bakım uygulamasıdır. Özellikle makinenin çalışan parçalarının verimini ve aşınmasını etkileyen yağ numunelerini düzenli aralıklarla incelemek önerilmektedir. Bu yöntemde tek bir yağ numunesi bile, aşırı toz varlığı, yağa su veya yakıt karışması gibi çok ciddi ve belirgin problemleri teşhis edebilir. Yağ analizi ile bir metalin konsantrasyonlarının arttığını tespit edilirse artışa en fazla neden olabilecek parça da belirlenebilir. Örneğin, motor yağ numunesinde bakır ve demir değerlerinin aniden yükselmesi, yağın bozulması veya kirlenmesi sonucu piston, silindir yüzeyleri veya ana yataklarda kullanılan burç yüzeylerinde bir aşınma olabileceğini gösterebilmektedir. Yağ analizi aşınma elementlerini tespit ettiği gibi kirlenmeyi de tespit edebilmektedir. Viskozite, TBN gibi yağlayıcılık özelliklerinin durumunun belirlenmesinin yanında kurum, oksidasyon, nitrasyon ve sülfür oranı, su, yakıt ve antifriz karışması da belirlenmektedir. [1-3].

Motor yağları hidrolik yağlardan farklı olarak yüksek sıcaklık altında çalışırlar ve yakıttaki kükürt nedeniyle kurumlaşma oluşur. Yakıttaki kükürt oranı arttıkça, ayrıca motorda aşınmalar fazlaştıkça kurumlaşma artar ve yağ daha erken değiştirilir. Yurt dışında 500 saat olarak verilen süre Türkiye'de (Eurodizel uygulaması öncesi) 250 saat olarak uygulanmaktadır. Kirliliğin (havadan gelen silisyum ve aşınma metalleri) bu kurum ile karışması sonucu yataklarda zımpara gibi aşındırmayı artırır. Oluşan kurum yağ viskozitesini de artırdığından yağ daha fazla ısınır ve özellikleri daha erken bozulur. Motorlarda kullanılan OEM filtreler ince kurumu tutamazlar ve bu nedenle yağ çamursu bir görüntü alır.

Spektrometrik yağ analiz programları, viskozite ölçüm cihazları, manyetik tapa/dedektörler, parçacık sayma, mikroskobik parçacık tayini ve ferrografi analizleri başlıca yağ analiz teknikleridir. Analizler, üretkenliği artırmaya, önemli arızaları ve işletim maliyetlerini azaltmaya, doğrudan katkıda bulunmaktadır. Aşınma elementleri analizi ve yağ durum analizi ile, kullanılmış yağ ile temiz yağ karşılaştırılarak, yağın yeterli derecede yağlama ve koruma yapabilecek durumda olup olmadığı tespit edilir [4-7].

Elementel spektrometrik yağ analiz cihazı ile aşındırıcı özelliğe sahip olup aşınmayı hızlandırabilecek parçacıklar sayılır. Ayrıca yağdaki su, antifriz veya yakıt da özel testlerle belirlenir. Problemleri erken teşhis eder, böylece bu problemler büyük arızalar haline dönüşmeden onarılabilir. İş yüküne uygun şekilde bakım programının yapılmasına yardımcı olur. Bakım programında, periyodik bakım işlemlerinin yapılıp yapılmadığının izlenebilmesine yardımcı olur. [6].

Bu çalışmada, Soma ELİ'nde kullanılan iş makinelerindeki motor yağları spektrometrik analiz, viskozite ölçümü ve kimyasal analiz cihazlarında incelenmiştir. Standartlara uygun olarak alınan yağ numuneleri yukarıda belirtilen cihazlarda incelenerek sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Motor yağının özellikleri, aşınma durumu ve kirlilik derecesi kontrol edilmiştir. Yağ analizi uygulandığında motorlar yağlarının çalışma süresi uzamış ve işletme verimliliği sağlanmıştır.

1.1. Makine Parkı ve Üretim

ELİ. Müessesesi, Soma havzasının değişik alanlarında açık ve yeraltı ocakları olarak iki şekilde linyit kömürü üretimi yapmaktadır. Termik santralin yeni ünitelerinin açılması ve piyasada Soma kömürüne olan talebin artmasına paralel olarak kurumun kömür üretimi yıldan yıla artış göstermektedir. İşletme, 1030 MW kurulu güç kapasiteli termik santral ünitelerinin

yanında yurdumuzun önemli bir bölümünün yakacak ve sanayi kömürü ihtiyacını da karşılamaktadır. Açık ocak makine parkındaki araçların dağılımı Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Açık ocak makine parkı araçları

MAKİNE	ADET
Ağır kamyon	138
Elektrikli	16
Hidrolik ekskavatör	9
Buldozer	47
Paydozer	3
Yükleyici	21
Delik makinesi	21
Grayder	16
TOPLAM	271

1.2. Bakım Uygulamaları

ELİ Müessesesi iş makinelerine 1987'ye kadar haftalık periyodik bakım uygulamaktaydı. Ağır iş kamyonlarının motorları için yağ değişim süreleri 200 saat ile sınırlandırılmıştı. Yağ bakım periyotları 200 çalışma saatine ulaşan araç motorlarının yağ değişimlerinin yapılması şeklinde gerçekleştiriliyordu.

1.3. Yağ Analiz Laboratuvarı ve yapılan ölçümler

Yağ analizi yapıp ölçüm sonuçlarının her makine için kayıt edilmesi ve sonuçların karşılaştırılarak kestirimci bakım işlemlerinin yapılması amacıyla kurulan laboratuvar sayesinde araç yağ performansları detaylı olarak takip edilebilmektedir.

Yağ analizleri makine parkında tamir bakım ve revizyon işlemleri için (motor, hidrolik, şanzıman, diferansiyel ve cerler) temel alınmaya başlanmıştır.

Bu amaca yönelik olarak motor, şanzıman, hidrolik, diferansiyel ve cerlerden yağ numuneleri alınarak belirtilen prosedüre göre analizler yürütülmektedir.

- 1- Yağ numunelerinin toplanması.
- 2- Yağ numunelerindeki elementlerin tespiti
- 3- Yağ numunelerinin TBN (Toplam baz no) gibi kimyasal değerlerin belirlenmesi.
- 4- Yağ numunelerinin viskozitesinin ölçümü.
- 5- Analiz sonuçlarının değerlendirilerek yağ değişim zamanının belirlenmesi ve arıza durumuna göre gerekli ikaz ve müdahalelerin yapılması.

1.3.1. Numune Alımı

İncelenecek motordan yaklaşık 50 saatte bir motor yağları temin edilmiştir. Yağ alma prosedürü standartlara uygun yapılmaktadır. Buna göre, numuneleri alan ekipler aynı zamanda laboratuvar test cihazları tarafından verilen ikazlara göre yapılması gerekli işlemin takibinden ve bakım planlamasından da sorumludurlar. Numuneler makine durdurulur durdurulmaz yağ sıcak iken alınmaktadır. Numuneler özel numune pompalarına bağlanmış 60 ml.'lik plastik kaplara, yağ tankının ortasına kadar inen plastik hortumlar aracılığıyla çekilmektedir. Her numunenin

üstündeki karta makine kapı nosu, makine ve yağ çalışma saatleri, yağın alındığı aksam ve tarih anında işlenmektedir.

1.3.2. Spectroil M/C Yağ Analiz Cihazı

Spectro-FTIR Alpha yağ analiz cihazı ile yağ numuneleri test edilebilmektedir. ASTM D 6595 standart test moduna uygun analiz yapan cihaz, standart 21 elementin için kalibre edilmiştir. Aşınmış metaller (demir, krom, kurşun, bakır, kalay, alüminyum, nikel, gümüş, molibden, magnezyum, çinko, titanium, vanadium), kirlilikler (silicon, boron, silisyum, sodium, potasyum), katkı maddeleri (bakır, silicon, boron, magnezyum, kalsiyum, boryum, fosfor, çinko, molibden) meddelerinin miktarları ölçülür. Analiz süresi 30 saniyedir.

1.3.3 Spectro-FTIR Alpha Moloküler Yapı Analiz Cihazı

Yağın yapısında çalışma şartları sebebiyle oluşan kirlilik ve yağ özelliği değişimlerini tespit edilerek muhtemel arızaların tespit edilebilmesinde kullanılan bir cihazdır. Yakıt seyrelmesi (sülfasyon), su ve antifriz karışması (Nitrasyon), kurum miktarı yükselmesi (Oksidasyon), katkı maddelerinin azalması (TAN-TBN) gibi kimyasal özellik tayininde kullanılır.

Yağ içerisinde ölçülen muhtemel maddeler ve yağa olumsuz etkileri şu şekillerde sıralanmaktadır. Su karışması; Yağın yük taşıma kapasitesini düşürür ve oksidasyonu artırır.

Yakıt Seyrelmesi; Viskoziteyi düşürür, oksidasyonu artırır. Glikol; Yağın kalınlaşmasına neden olur, oksidasyonu artırır. Oksidasyon, Nitrasyon, Sülfitleme; Genellikle yüksek yağ sıcaklığı neticesinde oluşur. Kurum; Yağ kalınlaşması, aşınmalar, piston ve conta arızaları sebebiyle oluşabilir. TBN; Bir gram yağdaki asidi nötralize etmek için gereken, asit miktarına eşdeğer KOH miktarının mg olarak ifadesidir. Ülkemizdeki yakıtlarda sülfür miktarı yüksektir. Yakıt yandığında yağdaki sülfür, sülfür oksitlerine dönüşüp su buharı ile birleşerek H₂SO₄ oluşmaktadır. Bu ise çok tehlikeli korozif asidik bir yanma ürünüdür. Bütün yağlar asidik olmaya yönelimlidir, özellikle aşırı hararet, oksidasyon, yanma ürünleri ve su varlığı dolayısıyla TBN daha hızlı düşer. ASTM D 2896 Standardına göre kullanılmış yağlar için:

TBN'si 12-20 arasında ise minimum 7,

TBN'si 7-12 arasında ise minimum 5,

TBN si 5-7 arasında ise minimum 3'e müsaade edilir.

Ancak, yağ üretici kataloglarında TBN için nominal değerler verilmiş ise alt sınır olarak bu değerler kabul edilmiştir. Bu değerlerin altına düşüldüğünde yağ acilen değiştirilmelidir. Aksi halde, korozyon, erozyon, pitting ve abrasive aşınma kaçınılmaz olacaktır.

TAN; Toplam asit sayısını ifade etmektedir.

1.3.4. Spectro INC Viskozite Cihazı

Viskozite akmaya karşı gösterilen direnç olarak tanımlanabilir. Viskozitede olabilecek önemli değişiklikler yağlama kabiliyetini doğrudan etkiler. 40° ve 100° sıcaklıklar için viskozite ölçümü yapılmaktadır.

1.3.5. Spectro INC LNF Partikül Cihazı

Yağdaki partiküllerin sayılması işlemi gerçekleştirilir. Yağdaki büyük partiküller ve kirlilik durumu ölçülür.

1.3.6. Açık ve Kapalı Kap Parlama Ölçüm Cihazı

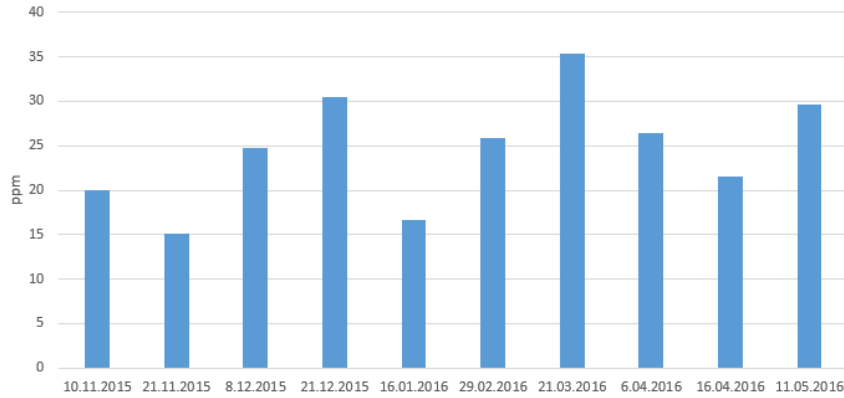
Bu cihaz içerisindeki test haznesine bir miktar numune yağ konur. Yağ belli bir sıcaklığa ulaştırıldıktan sonra bir aparat yardımıyla yağın üst kısmına alev uygulanır. Yanma yani parlama sıcaklığı ölçülür. Kapalı kap bölümünde ise yakıtlar için parlama noktası ölçülebilmektedir.

2. YAĞ ANALİZİNİN UYGULAMALARI

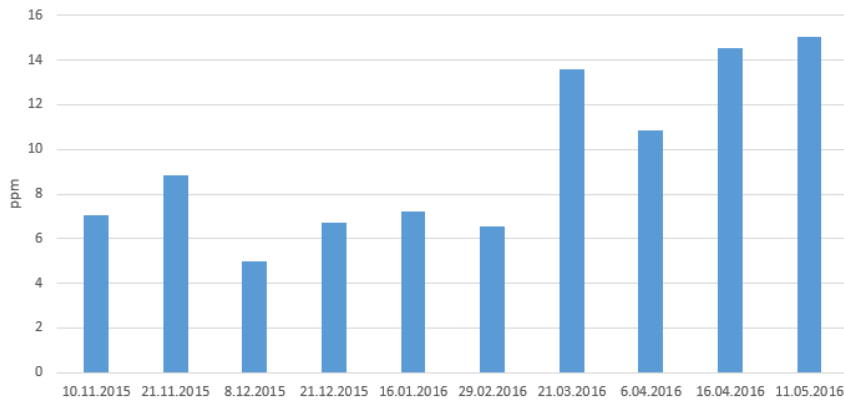
Yağ analiz deneyleri için 3 adet Komatsu marka ağır yük maden kamyonu seçilmiştir. Kamyon motorlarından presedüre uygun şekilde alınan numuneler laboratuvardaki cihazlarda kimyasal ve fiziksel olarak ölçümleri yapılmıştır. Numune alım tarihleri, motor çalışma saatleri, yağ değişim tarihleri kayıt altına alınarak, yağ özelliklerinin zamanla değişimini gösteren tablolar oluşturulmuştur. Elde edilen veriler aynı kamyonların yağ değişimlerinin 200 saat olarak uygulandığı laboratuvar verileriyle karşılaştırılmıştır.

2.1. Yağ Analiz Ölçüm Değerleri

402 nolu kamyon motor yağı için kullanım süresi boyunca demir (Fe) elemental artış miktarı değişimi Şekil-1’de, kurşun (Pb) miktarındaki değişim ise Şekil-2’de verilmiştir.

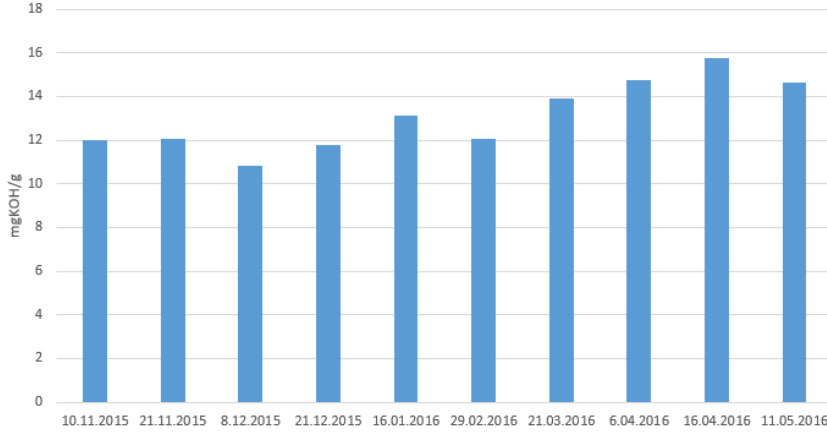


Şekil-1 402 Nolu kamyon motoru için demir (Fe) elemental artış miktarı (ppm).

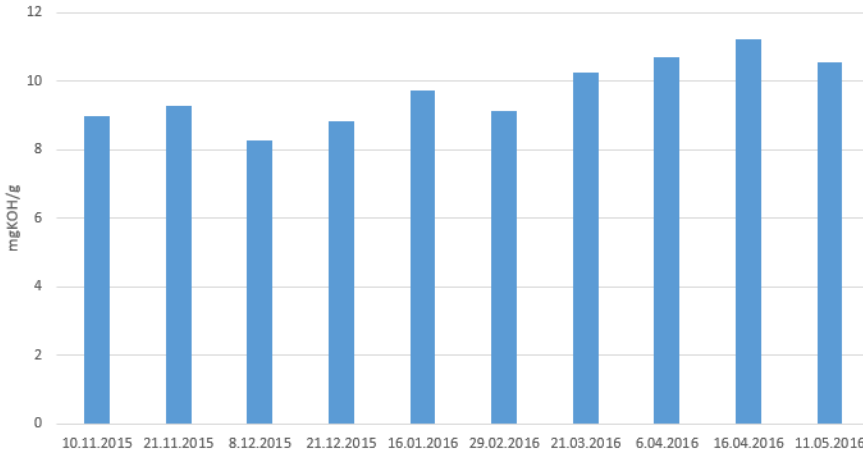


Şekil-2 402 Nolu kamyon motoru için kurşun (Pb) elemental artış miktarı (ppm).

402 nolu kamyon motoru yağı için kullanım süresi boyunca oksidasyon miktarındaki değişim Şekil-3'te verilmiştir. Oksidasyon için referans aralığı 0-12 mgKOH/g dır. Nitrasyon miktarındaki değişim ise Şekil 4'de verilmiştir. Nitrasyon için referans aralığı 0-9 mgKOH/g dır.



Şekil-3 402 Nolu kamyon motoru için yağdaki oksidasyon miktarındaki artış (mgKOH/g).



Şekil-4 402 Nolu kamyon motoru için yağdaki nitrasyon miktarındaki artış (mgKOH/g).

Tablo-2'de 402 nolu kamyon motorundan alınan yağ numunelerine ait elemental ölçüm değerleri verilmiştir. Yağ içerisinde bulunan elementlerin miktarı ppm olarak gösterilmektedir. Yağ değişiminden itibaren farklı zaman aralıklarında numuneler alınmıştır. 1050 saat çalışma sonunda yağ değişimine karar verilmiştir. Numune ölçüm sonuçları incelendiğinde, deney süresi boyunca bazı değerlerin iyileşme göstermesi motorlara yağ ilave edilmesinden kaynaklanmıştır.

Tablo-2. 402 nolu kamyon ait motor yağı elemental ölçüm değerleri

15W/40 Num.Gel.Tar.	Araç Kapı No.	402		Makine Cinsi				KOMATSU				Makine Modeli				785-1				Motor Seri No.				33139264				Çalıştır Bölge				SOMA			
		FİZİKSEL GÖRÜNÜM	Yağ Çalş Saati	Mot Çalş Saati	Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Ag	Si	B	Na	Mg	Ca	Ba	P	Zn	Mo	Ti	V	Mn	Cd										
9.04.2010				1,28	0,12	2,35	0,05	0,00	1,92	0,00	0,04	10,38	0,20	4,17	12,65	3058	0,30	877,84	1361	1,07	0,07	0,30	1,46	0,00											
10.11.2015		388	889	19,95	1,19	7,05	2,96	0,00	2,74	0,06	0,03	3,94	37,94	92,75	31,11	2455	0,16	733,08	1131,00	3,42	0,12	0,67	1,38	0,00											
21.11.2015		430	981	15,16	0,99	8,82	2,56	0,00	2,48	0,47	0,05	2,65	22,47	92,59	31,80	2740	0,20	113,81	1512,00	1,51	0,32	0,47	1,60	0,00											
8.12.2015		503	1054	24,71	0,72	4,96	2,42	0,00	5,40	0,84	0,19	5,09	28,31	75,60	35,15	2750	0,18	668,82	1484,00	0,00	0,04	0,07	1,82	0,00											
21.12.2015		555	1106	30,45	0,85	6,71	2,59	0,00	4,42	0,71	0,15	5,23	33,16	82,89	32,58	2620	0,18	1051,00	1395,00	0,00	0,19	0,28	1,79	0,00											
16.01.2016		655	1206	16,59	1,17	7,24	2,59	0,00	1,72	0,96	0,06	2,68	12,47	107,04	36,44	3099	0,23	0,00	1659,00	0,54	0,00	0,36	1,50	0,00											
29.02.2016		739	1290	25,85	1,12	6,55	2,74	0,00	4,40	0,33	0,12	4,13	19,77	82,93	37,56	3088	0,16	514,04	1587,00	0,00	0,00	0,24	1,54	0,00											
21.03.2016		798	1349	35,39	1,42	13,57	3,48	0,00	5,11	0,43	0,09	5,91	24,44	94,01	38,38	3129	0,13	958,64	1553,00	0,00	0,00	0,08	1,70	0,00											
6.04.2016		865	1416	26,39	1,49	10,86	3,51	0,00	5,14	0,61	0,09	4,08	16,19	90,98	39,91	3076	0,16	177,81	1583,00	0,00	0,00	0,14	1,46	0,00											
16.04.2016		947	1498	21,51	1,79	14,53	3,72	0,00	3,10	0,23	0,00	2,68	14,05	100,69	37,50	3168	0,08	34,22	1642,00	1,81	0,05	0,77	1,84	0,00											
11.05.2016	YAĞ DEĞİŞİMİ	1050	1601	29,65	1,28	15,07	3,17	0,00	4,59	0,49	0,08	4,46	24,94	88,43	34,29	2766	0,08	614,14	1407,00	0,00	0,00	0,19	1,11	0,00											

Tablo-3'te motor yağı moleküler analiz değerleri verilmiştir. TBN (Toplam Baz Sayısı) değeri mgKOH/g cinsinden gösterilmektedir. TBN için kabul edilen normal değer, 6-14 mgKOH/g arasındadır. Yağ değişim süresi sonlarına doğru, özellikle oksidasyon, nitrasyon ve sülfasyon değerlerinin, normal kabul edilen sınırların üzerine çıktığı görülmektedir.

Tablo-3. 402 nolu kamyon a ait motor yağı moleküler analiz ölçüm değerleri

NUMUNE'NİN GELİŞ TARİHİ	15W/40	Yağ Çalş Saati	Mot Çalş Saati	WATER Normal (0-17)	KURU M (SOOT)	Normal (0-1)	OKSİD Normal ASYON (0-12)	Normal SİYON (0-9)	ANTİWE Normal AR (0-20)	Normal DİZEL FUL (0-240)	Normal SÜLFASYON (0-17)	Normal GLİKOL (0-1)	GASO- LIN	Normal (0-1)	TBN	Normal (6-14)
10.11.2015		388	889	-0,05	12,03	8,99	18,78	254,00	20,66	0,60	0,06	10,30				
21.11.2015		430	981	14,48	0,01	12,07	9,27	19,25	252,70	22,02	0,70	10,06				
8.12.2015		503	1054	6,92	10,84	8,26	18,52	248,30	20,08	0,65	0,07	10,50				
21.12.2015		555	1106	13,92	-0,03	11,78	8,83	18,99	250,30	31,35	0,54	10,08				
16.01.2016		655	1206	11,50	0,08	13,11	9,74	19,19	249,10	23,29	0,67	9,80				
29.02.2016		739	1290	14,62	0,16	12,06	9,13	18,56	246,60	21,98	0,66	9,25				
21.03.2016		798	1349	9,68	0,12	13,93	10,25	19,12	247,10	24,12	0,73	9,53				
6.04.2016		865	1416	10,41	0,12	14,73	10,69	19,46	248,20	25,00	0,77	9,54				
16.04.2016		947	1498	12,41	0,13	15,77	11,21	19,65	252,90	25,75	0,66	9,99				
11.05.2016		1050	1601	15,48	0,06	14,66	10,56	19,71	254,20	24,74	0,69	9,92				

Tablo-4'te motor yağı viskozite ölçüm değerleri verilmiştir. Viskozite ölçümlerini ifade ederken birçok birim kullanılmaktadır. Bu birimlerin başında gelen ve yağ üreticilerinin en sık kullandığı birim Centistoke (cSt, mm²/s)' dir. Diğer birimler ise Engler derecesi, Centipoise (cp), Redwood Seconds ve Saybolt Seconds' dir. 40 °C ve 100 °C viskozite ölçümlerinin bazı avantajları bulunmaktadır. 40 °C viskozite ölçümü; yağ oksidasyonu ve termal yorgunluğun erken teşhisinde, yanlış kullanılan yağın tespitinde avantaj sağlar. Aynı şekilde 100 °C viskozite ölçümü de; viskozite indeksi geliştirici katkı maddesindeki azalmanın tespitinde avantaj sağlamaktadır. 1050 saatlik kullanım boyunca viskozitede fazla bir değişim görülmemiştir. 40 °C ve 100 °C de yapılan ölçüm sonuçları, deneme yapılan kamyonlardaki yağın viskozite özelliğinin korunduğunu göstermektedir.

Tablo-4. 402 nolu kamyon a ait motor yağı viskozite ölçüm değerleri

NUMUNE'NİN GELİŞ TARİHİ	Yağ Çalş Saati	Mot Çalş Saati	Viskozite İndeksi	40 C	100 C
10.11.2015	388	889	134	104,0	13,8
21.11.2015	430	981	134	76,8	11,0
8.12.2015	503	1054	134	103,8	13,8
21.12.2015	555	1106	134	101,6	13,6
16.01.2016	655	1206	134	98,8	13,3
29.02.2016	739	1290	134	92,7	12,7
21.03.2016	798	1349	134	103,8	13,8
6.04.2016	865	1416	134	104,2	13,8
16.04.2016	947	1498	134	104,9	13,9
11.05.2016	1050	1601	134	103,9	13,8

Numune alım işlemleri 408 ve 473 nolu kamyonlar içinde aynı prosedürlere uyularak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Bu iki adet kamyon a ait veriler Tablo 5,6,7,8,9, ve 10' da verilmiştir. 408 nolu kamyon için yağ değişim zamanı 1255 çalışma saati,

473 nolu kamyon için ise 1168 çalışma saatidir. Bu örneklerde de bazı tarihlerde motorlara yapılan yağ ilaveleri, numune değerlerinde kısmi düzelmelere sebep olmuştur.

Tablo 5. 408 nolu kamyonu ait motor yağı elemental ölçüm değerleri

15W/40	Araç Kapı No.		408		Makine Cinsi				KOMATSU				Makine Modeli				785-1		Motor Seri No.				CY-39				Çalıştığı Bölge				SOMA			
	Num.Gel.Tar.	FİZİKSEL GÖRÜNÜM	Yağ Çalış Saati	Mot Çalış Saati	Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Ag	Si	B	Na	Mg	Ca	Ba	P	Zn	Mo	Ti	V	Mn	Cd									
9.04.2010					1,28	0,12	2,35	0,05	0,00	1,92	0,00	0,04	10,38	0,20	4,17	12,65	3058	0,30	877,84	1361	1,07	0,07	0,30	1,46	0,00									
8.12.2015			865	2819	25,07	1,49	32,97	9,91	0,00	5,76	0,77	0,20	5,93	22,94	81,03	26,97	2418	0,17	504,95	1319,00	0,00	0,01	0,19	1,33	0,00									
15.12.2015			924	2878	25,83	1,30	39,88	8,29	0,00	5,14	0,55	0,13	5,95	25,50	70,67	25,57	2355	0,16	734,85	1332,00	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00									
21.12.2015			966	2920	24,67	1,38	42,85	9,74	0,00	5,08	0,67	0,16	6,18	26,73	77,16	24,40	2173	0,17	822,71	1148,00	0,00	0,10	0,36	1,38	0,00									
29.12.2015			1040	2994	20,34	1,14	42,35	7,74	0,00	4,43	0,40	0,15	5,39	20,13	76,31	27,99	2337	0,15	749,02	1268,00	0,00	0,00	0,01	1,06	0,00									
1.04.2016			1138	3092	21,33	1,46	41,47	9,57	0,00	4,33	0,32	0,13	5,57	15,99	84,74	28,03	2343	0,15	539,02	1180,00	0,00	0,00	0,35	1,14	0,00									
16.04.2016			1215	3169	12,78	1,61	33,96	7,80	0,00	2,50	0,19	0,00	2,95	8,60	87,20	26,39	2356	0,09	0,00	1181,00	2,43	0,09	0,66	0,89	0,00									
21.04.2016			1255	3209	21,17	1,48	47,78	8,84	0,00	4,55	0,29	0,13	4,85	13,99	71,70	28,56	2434	0,12	459,16	1261,00	0,00	0,00	0,13	1,08	0,00									
11.05.2016		YAĞ DEĞİŞİMLİ	46	3284	6,00	0,35	14,63	2,37	0,00	3,19	0,00	0,06	3,16	22,24	74,08	23,21	2115	0,04	466,25	1146,00	0,00	0,00	0,32	0,12	0,00									

Tablo 6. 408 nolu kamyonu ait motor yağı moleküler analiz ölçüm değerleri

NEMUNE-NİN GELİŞ TARİHİ	15W/40	Yağ Çalış Saati	Mot Çalış Saati	WATER		KURUM (SODI)		OKSİDA Normal (0-12)		NİTRAS YON (0-9)		ANTİWE AR (0-20)		DİZEL FUL (0-260)		SÜLFA STON (0-17)		GLİKOL (Ardışık) (0-1)		GASO-LİN		Normal (abs/mm 2)		TBN Normal (6-14)	
				Normal (0-17)	Normal (0-1)	Normal (0-12)	Normal (0-9)	Normal (0-20)	Normal (0-260)	Normal (0-17)	Normal (0-1)	Normal (abs/mm 2)	Normal (6-14)												
8.12.2015		865	2819	8,23	-0,01	14,04	9,87	17,60	253,20	21,83	1,46	0,07	7,45												
15.12.2015		924	2878	11,60	-0,08	13,42	9,67	18,04	255,70	21,50	1,21	0,07	7,67												
21.12.2015		966	2920	14,73	-0,10	13,78	9,87	17,83	253,80	21,76	1,24	0,07	7,10												
29.12.2015		1040	2994	9,69	-0,09	12,18	8,89	17,65	251,70	20,61	1,16	0,07	8,29												
1.04.2016		1138	3092	8,90	-0,01	12,88	9,45	17,48	254,20	21,54	1,13	0,07	7,19												
16.04.2016		1215	3169	10,86	-0,05	13,85	9,82	17,54	252,90	22,11	1,19	0,07	6,82												
21.04.2016		1255	3209	10,58	-0,04	14,04	9,93	17,60	252,10	22,43	1,26	0,07	6,63												
11.05.2016		46	3284	14,92	-0,24	7,20	6,48	18,41	257,00	16,73	0,27	0,06	10,27												

Tablo 7. 408 nolu kamyonu ait motor yağı viskozite ölçüm değerleri

NUMUNE GELİŞ TAR.	Yağ Çalış Saati	Mot. Çalış Saati	Viskozite İndeksi	40 C	100 C
				102,0	13,7
8.12.2015	865	2819	134	93,6	12,8
15.12.2015	924	2878	134	93,5	12,7
21.12.2015	966	2920	134	91,2	12,5
29.12.2015	1040	2994	134	93,1	12,7
1.04.2016	1138	3092	134	92,2	12,6
16.04.2016	1215	3169	134	90,7	12,5
21.04.2016	1255	3209	134	104,0	13,8
11.05.2016	46	3284	134	98,4	13,2

Tablo 8. 473 nolu kamyonu ait motor yağı elemental ölçüm değerleri

15W/40	Araç Kapı No.		473		Makine Cinsi				KOMATSU				Makine Modeli				785-1		Motor Seri No.				33151052				Çalıştığı Bölge				SOMA			
	Num.Gel.Tar.	FİZİKSEL GÖRÜNÜM	Yağ Çalış Saati	Mot Çalış Saati	Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Ag	Si	B	Na	Mg	Ca	Ba	P	Zn	Mo	Ti	V	Mn	Cd									
9.04.2010					1,28	0,12	2,35	0,05	0,00	1,92	0,00	0,04	10,38	0,20	4,17	12,65	3058	0,30	877,84	1361	1,07	0,07	0,30	1,46	0,00									
21.11.2015			593	1240	7,55	0,84	5,01	5,76	0,00	1,96	0,76	0,08	2,02	17,54	79,23	23,85	2202	0,17	0,00	1171,00	0,81	0,27	0,42	1,43	0,00									
11.12.2015			654	1301	10,39	1,02	4,27	7,23	0,00	4,15	0,00	0,19	4,19	22,69	85,59	25,02	2273	0,20	314,84	1294,00	0,00	0,00	0,00	1,08	0,00									
24.12.2015			719	1366	12,62	1,28	4,57	7,97	0,00	4,39	0,61	0,22	3,69	17,13	94,69	24,15	2171	0,28	149,29	1207,00	0,00	0,00	0,22	1,52	0,00									
29.12.2015			763	1410	13,39	1,34	3,94	11,26	0,00	4,25	0,16	0,16	4,12	20,67	87,99	26,00	2361	0,25	287,71	1290,00	0,00	0,00	0,14	1,38	0,00									
7.03.2016			852	1499	13,49	1,80	6,32	16,07	0,00	4,78	0,74	0,16	4,30	11,65	81,85	27,72	2327	0,32	139,00	1199,00	0,00	0,00	0,26	1,34	0,00									
28.03.2016			906	1553	16,39	2,05	5,62	20,19	0,00	5,31	0,00	0,12	4,75	15,03	91,98	28,37	2513	0,32	200,44	1309,00	0,00	0,00	0,21	1,69	0,00									
6.04.2016			962	1609	13,94	1,71	5,04	16,24	0,00	4,84	0,66	0,12	3,44	12,74	77,98	27,33	2413	0,28	96,65	1199,00	0,00	0,00	0,15	1,16	0,00									
19.04.2016			1405	1695	15,05	1,79	8,08	13,29	0,00	4,22	0,29	0,12	4,16	15,64	81,25	25,13	2167	0,37	273,68	1120,00	0,00	0,00	0,53	1,14	0,00									
29.04.2016			1093	1740	18,28	1,59	6,14	11,20	0,00	4,62	0,51	0,01	4,94	23,06	75,30	25,68	2184	0,36	559,91	1156,00	0,00	0,00	0,08	1,11	0,00									
11.05.2016			1168	1815	15,72	1,66	6,75	11,16	0,00	4,76	0,43	0,09	4,36	15,83	76,54	25,53	2321	0,32	299,29	1206,00	0,00	0,00	0,29	0,98	0,00									

Tablo 9. 473 nolu kamyona ait motor yağı moleküler analiz ölçüm değerleri

NÜMUNEİN GELİŞ TARİHİ	15W/40	Yağ Çalış Saati	Mot. Çalış Saati	WATER Normal (0-12)	KUREM (SOOT) Normal (0-1)	OKSİDA SYON Normal (0-12)	NİTRAS YON Normal (0-9)	ANTİWE AR Normal (8-20)	DİZEL FUL Normal (0-260)	SÜLFİA SYON Normal (0-17)	GLİKO L (Anefriz) Normal (0-1)	GASO- LIN Normal (0-1/um 2)	TBN Normal (6-14)
21.11.2015		593	1240	13.16	-0.09	9.00	7.62	18.03	256.00	18.43	0.55	0.06	9.02
11.12.2015		654	1301	13.15	-0.09	10.18	8.11	17.91	258.90	18.91	0.46	0.06	8.99
24.12.2015		719	1366	9.91	-0.04	10.22	8.14	17.84	258.70	19.36	0.58	0.07	8.76
29.12.2015		763	1410	14.16	-0.07	10.74	8.33	17.66	259.20	19.63	0.70	0.07	8.22
7.03.2016		852	1499	14.22	-0.03	10.31	8.19	17.27	256.70	19.61	0.63	0.07	8.09
28.03.2016		906	1553	7.97	0.08	10.51	8.25	17.18	257.20	19.70	0.67	0.07	8.37
6.04.2016		962	1609	7.47	0.05	10.07	8.07	17.35	254.60	19.49	0.64	0.07	8.34
19.04.2016		1405	1695	9.70	0.00	9.76	7.90	17.55	257.20	19.16	0.68	0.06	8.46
29.04.2016		1093	1740	9.20	-0.02	9.60	7.67	17.67	257.00	18.73	0.49	0.07	9.39
11.05.2016		1168	1815	13.38	-0.01	10.18	8.09	17.49	256.80	19.43	0.54	0.06	8.23

Tablo 10. 473 nolu kamyona ait motor yağı viskozite ölçüm değerleri

NUMUNE GELİŞ TAR.	Yağ Çalış Saati	Mot. Çalış Saati	Viskozite İndeksi	40 C	100 C
21.11.2015	593	1240	134	94,6	12,9
11.12.2015	654	1301	134	92,3	12,6
24.12.2015	719	1366	134	94,3	12,8
29.12.2015	763	1410	134	91,0	12,5
7.03.2016	852	1499	134	94,5	12,6
28.03.2016	906	1553	134	91,2	12,5
6.04.2016	962	1609	134	94,9	12,9
19.04.2016	1405	1695	134	93,7	12,8
29.04.2016	1093	1740	134	92,7	12,7
11.05.2016	1168	1815	134	92,9	12,7

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Soma ELİ'ndeki ağır maden kamyonlarının yağ kullanım süreleri, yağ analiz laboratuvarında elde edilen sonuçlar neticesinde kontrollü olarak arttırılmıştır. Uygulanan koruyucu bakım programı sayesinde yağ kullanım süresinin arttırılmasının yanı sıra motor aşınmalarının, motor arızalarının da önceden belirlenmesi mümkün olmaktadır.

Yapılan çalışma koruyucu bakım uygulamasıdır. Bu uygulamanın geliştirilerek toplam verimli bakım uygulamasına dönüştürülmesi makine performansı, arıza tespiti gibi konularda daha güvenilir hale gelmesini sağlayacaktır. İş makinesi operatörlerinin toplam verimli bakım kapsamında eğitilmesi, otonom bakım yeteneklerinin arttırılması ve çalıştıkları makineleri daha iyi sahiplenmeleri sayesinde makine arızaları için sıfır hata hedeflerinin yakalanması ve makine etkinliğinin arttırılması sağlanabilir.

Yağ tedarikçi firmaların kataloglarından alınan değerler, ölçüm yapılırken referans alınan yağ analiz değerleri motor yağı elemental ölçüm değerleri tablolarının üst satırlarında ppm biriminden gösterilmiştir. Bazı motorlarda 200 saat değişim süresinde bile, bazı kirliliklerin ppm olarak üst sınırlara yaklaştığı görülmüştür. Örneğin 402 numaralı kamyonunda yağ değişiminden 388 saat sonra, demir (Fe) elementi için partikül miktarı 19,95 ppm ölçülmüştür. Yağ üreticisi tarafından Fe elementi için tavsiye edilen değer olan 1,28 ppm in çok üzerinde sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu durumun kullanılan motorların ömür açısından eskidiği ve zor şartlarda çalışmalarının bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Yağ değişiminden hemen sonra Fe elementindeki ani ve yüksek ppm artışları normal şartlarda mekanik bir arızaya neden olmamaktadır. Kontrollü olarak 200 saat üzeri çalışan yağlarda yapılan incelemelerde özellikle Fe element miktarlarının belli bir değere kadar arttığı ve daha sonraki çalışma saatlerinde bu değerlere yakın devam edildiği tespit edilmiştir. Kurşun (Pb) elementide yağın kullanım süresi boyunca ciddi artış göstermektedir. Burada kabul edilen kriter, elementel miktarlarda birden bire ve ani artışların olmamasıdır. TBN (Toplam Baz Sayısı) nin 6-14 mgKOH/g aralığında

bulunması, vizkoziteninde 40 °C de 102.0 Centistoke, 100 °C de ise 13.7 Centistoke değerleri referans alınmıştır. Yağlayıcılıkla ilgili parametrelerin istenen sınırlar içerisinde kalması sayesinde yağ ömrü ile ilgili gözlem yapılmasını kolaylaşmaktadır. Yapılan çalışma ile 200 saat olan yağ çalışma süreleri 1000 saat gibi çok yüksek sürelerle çekilmiştir.

Bu sayede işletme içerisinde kullanılan motor yağı maliyetlerinde çok ciddi tasarruf sağlanmaktadır. Makinalarda arıza oluşmadan önce müdahale imkanı oluşmaktadır. Zamanında yapılan yağ değişimi/ilavesi ile yağ masrafları azalmaktadır. Gereksiz yağ kullanımı ve beraberinde atık yağ sorunları azalır. Bu durum çevre sorunlarının azaltılmasında katkıda bulunmaktadır.

TEŞEKKÜR

Laboratuarlarında analizlerin yapılmasına destek veren Soma ELİ yöneticilerine ve laboratuar çalışanlarına teşekkür ederiz.

4. KAYNAKLAR

- [1]. Kilbane, P., Look at Your Motors' Lubricant, EC&M Electrical Construction and Maintenance, Vol. 97, Issue 9, p. 4, 1998.
- [2]. Yıldırım, A. A., Spektromerik Yağ Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Fen Bil. Enstitüsü, Eskişehir, S.77, 1988.
- [3]. Collacott. R.A., Mechanical Fault Diagnosis and Condition Monitoring, Chapman and Hall, London, p. 496, 1977.
- [4]. Gökalp B., Kullanılmış Motor Yağlarını İyileştirme Yöntemleri, Kocaeli Üniversitesi Makine Müh. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Kocaeli, Mayıs 2005.
- [5]. Crellin L. The Prediction of Machine Failure by means of Wear Debris Monitoring, Inst. of Mech. Eng., London, Ocr. p. 66, 1983.
- [6]. Hansen, T., A Tribute to Vernon C. Westcott, Inventor of the Ferrograph, Oil Analysis and Lubrication Learning Center, Noria Corporation, <http://www.noria.com>, 2006.
- [7]. Dalkılıç, S., Tanatmış, A.A., Pistonlu Uçak Motorlarında Yağlama Sistemleri ve Yağ Analiz Programlarının Uygulanması, TMMOB Makine Müh. Odası Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, 159-174, Denizli, 2003.
- [8]. Gönenli, M.,Y., Madeni Yağlar Hakkında Bilgi Notları, <http://www.kmo.org.tr>
- [9]. İpek,R., Motor Yağı Takviyelerinin, Aşınma Mekanizmalarına Etkisinin Deneysel Araştırılması, 12. Sayı Aralık 2006, D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.
- [10]. T. Singh, R. Singh, V.K. Verma and K. Nakayama, A study of N, O and S heterocyclic compounds as extreme pressure lubricant additives. Tribol. Int. 23(1990).
- [11]. <http://www.eli.gov.tr/>
- [12]. <http://www.maylab.com.tr/tr/hizmetlerimiz/madeni-yag-analizleri>
- [13]. <https://yaganaliz.com/testler.aspx>
- [14]. <http://www.ismakinalari.org.tr/tr/makaledetay/yag-analizi-sos/204309>
- [15]. Taşer, R., Spektrometrik Yağ Analizi, Sürdürülebilir Havacılık Araştırma Dergisi, Cilt 2,Sayı 2, 2017.
- [16]. Kaleli, H., İçten Yanmalı Motorlarda Aşınma, Yağlama ve Soğutma, İstanbul.
- [17]. Yılmaz, F., Nissan (Benzinli) Motorunda Optimum Yağ Değişim Sürecinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2004.
- [18]. Müjdecı, S., İçten Yanmalı Motorlarda Ticari Yağ Katkı Maddelerinin Sürtünme, Aşınma ve Motor Performansına Etkilerinin Deneysel Olarak Araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul, 2009.

[19]. Halis, S., Araç Kullanım Sürelerinin Motor Yağ Viskozitesine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 2016.

[20]. Gökalp, B., Saraç, H., İ., Çelik, C., Yağ Analiz Programı İle Aşınmaya Bağlı Hasar Analizi, 8. Uluslar Arası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı, İstanbul, 2007.

[21]. İpek, R., Erdoğan, M., Motor Yağı Takviyelerinin, Aşınma Mekanizmalarına Etkisinin Deneysel Araştırılması, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Dumlupınar Üniversitesi, 12. Sayı, Aralık 2006.

GELİŞEN TEKNOLOJİDE ENDÜSTRİ 4.0'IN DURUMU

Murat KAYA¹, Gül KAYA²

Accepted: 2022-07-19

DOI: 10.47118/somatbd.1109940

ÖZET

Son iki yüzyılda makine ve son el yılda bilimin her alanında ki gelişmeler çok hızlı bir şekilde devam etmektedir. Gelişen bu teknolojik bilim dalları endüstri gelişimi olarak adlandırılmaktadır. Gelişen bilim ve teknolojinin ilerlemesi noktasında, hayatın ve sanayinin her alanındaki sistemlere uygulanır hale gelmesine endüstri 4.0 devrimi denilmektedir. Endüstri 4.0 devrimi modern sanayileşme, üretim, bilgi ve iletişim sistemlerinin aralarında daha sıkı bağlantı olmasını sağlamaktadır. Endüstri 4.0'un bilgi teknolojisinde kullanımı iş akışında farklı alternatifler sunmaktadır. Gelişen teknoloji insan yaşamını ve konforunu doğrudan etkilemektedir. Çalışmada endüstri 4.0'ın bugünkü gelişimi ile insanların günlük yaşantılarına neler kattığı yaşam standartlarını ne kadar etkilediği araştırılmıştır. Bu kapsamda günümüz teknolojisine endüstri 4.0'ın yansımaları irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, sanayileşme, siber suçlar, seri üretim teknolojisi

INDUSTRY 4.0 STATUS IN DEVELOPING TECHNOLOGY

ABSTRACT

Machinery in the last two centuries and science in the last fifty years in every field developments continue at a very rapid pace. These developing technological branches of science are called Industrial development. As of the point of scientific studies, Industry 4.0 has still been applied to technological systems. In the age of industry 4.0, industrialization, production, information and communication systems provide a tighter connection with each other. The use of Industry 4.0 in information technology offers different alternatives in the workflow. Developing technology directly affects human life and comfort. In the study, it has been researched how industry 4.0 contributes to people's daily lives and how much it affects their living standards with the current development of Industry 4.0. In this context, the reflections of industry 4.0 on today's technology have been examined.

Key words: Industry 4.0, industrialization, cybercrime, mass production technology.

1. GİRİŞ

İnsanlar ihtiyaçlarını icatlar ile karşılamaya başladığı gün endüstri gelişimi başlamış demektir. İnsanın var olduğu günden bugüne dek teknoloji sürekli ilerleme göstermiştir. Özellikle 1800'lü yıllardan sonra sanayi devrimi ile teknolojiye büyük mesafeler kat edilmiştir. Bütün bu teknolojik gelişmeler insan hayatını kolaylaştırmak içindir. Endüstri, tarihsel gelişim

¹ Dr., Köşk Mah Çatak Sok Serra Ap NO 30. Kayseri, mrtkaya@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-4744-4066

² Uzman, Köşk Mah Çatak Sok Serra Ap NO 30. Kayseri, gulkaya314@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6697-9552

olarak ele alındığında, 1800 yıllarından sonra çevrede var olan suyun yerçekimi ivmesiyle elde edilen güç ile başladığı kabul edilir (Tarnet firması).

Endüstri; teknolojik gelişimini devam ettirirken ilk su buharından elde edilen gücün kullanılması ile endüstri 1.0 sürecinin başladığını belirtmiştir. Elde edilen bu gücün mekanik üretim tesislerinde kullanımını, 1870 yılında onu endüstri 2.0 izlediğinden bahsetmektedir. 1969'da elektroniğin ve bilgi sistemi teknolojisinin gelişimiyle otomasyon üretimini geliştiren endüstri 3.0'ı devam ettirmiştir. Endüstri 4.0 devrimi, temelinde bulundurduğu ileri teknolojiyi kullanarak sanayiye daha fazla dijitalleşirmeyi amaçlamaktadır. Elindeki verileri muhafaza eden, rapor haline getiren, zamandan tasarruf sağlayan ve verimliliği artıran bu devrim; siber - fiziksel sistemler ile online ağlar arasında bir uyum sağlamaktadır (Tarnet firması).

Teknolojik gelişmeler, yine kendisini geliştiren teknolojik sektörde de kullanılmaktadır. Bu konuda birçok şirket AR-GE çalışmaları yapmaktadır. Bu çalışmalar endüstriyel 4.0 hedefine ulaşma çalışması olarak değerlendirilmektedir. Endüstrideki 4.0 gelişimi, şirketlerin rekabet gücünü, üretkenlik, yenilikçi ve teknolojinin gelişme temeli olarak düşünülür. Bu kapsamda üretken sektör önemli teknolojik gelişimleri her alanda zorlamaktadır. Endüstri 4.0'ın ileri ki yıllarda nasıl bir gelişim oluşturacağını tahmin etmek oldukça güçtür.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Endüstri 1.0 devrimi, 18. yüzyılın son çeyreğinde akan sudan güç elde edilmesi ile başlamıştır. Endüstri 4.0 günümüz sanayi gelişiminin son ve dördüncü aşaması olarak düşünülebilir (Apiliogullari, L., 2018). Endüstri 4.0'ı tanımlarken akıllı üretim sistemlerinde yapay zekanın kullanımı ve insan faktörünün en aza indirilmesinin önemi vurgulanmaktadır. Temel olarak endüstri 4.0 karşılıklı çalışabilirlik, sanallaştırma, bağımsız yönetim, modülerlik ve gerçek zamanlılık prensiplerine dayandırmıştır (Gorecky D., ve ark., 2014). Siber suçların gelişen teknolojiyle arttığını, dijital ortamlarda bankacılık işlemlerde, sahte internet dolandırıcılık amaçlı açılan e-ticari şirketler, dijital ortamda hazırlanan sahte evrakların gelişen teknoloji ile yaygınlaştığından bahsetmektedir (Ngo ve Patermoster, 2011). Bu nedenle siber suçlarla mücadele başlatılmıştır.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin çevresel sürdürülebilirlik gelişimine nasıl yardımcı olabileceği hususunda yirmi uygulama gerçekleştirme çalışması yapılmıştır. Bu uygulama veriler doğrultusunda endüstri 4.0 teknolojisi kullanımında daha verimli malların üretildiğini ve kaynak tüketimi azaltılarak çevreye etkisini belirlemişlerdir. Böylece üretim ortamının, tedarik ve teslimat zincirlerinin, pazar sonuçlarının daha iyi anlaşılmasını sağlamışlardır (Mohd J., ve ark. 2022).

Gelişmekte olan ülkeler, kalitesiz, maliyeti düşük ürünlerin imalattaki karşılaştıkları zorlukların ana kaynağının başında kontrolsüz otomasyon olduğunu vurgulamaktadırlar. İmalatta yeniliklere gidilmesinin yüksek düzeyde uzmanlık gerektirdiğini, üretim sermaye yoğunluğunu artırdığını, üreticilerin dijital teknolojiye sahip olması gerektiğini belirtmektedirler. Ayrıca şirketlerin altyapı düzenlemeleri olursa verimliliği artacağını ve artan gelirlerin kısmen masrafı karşılayacağı, ayrıca sermaye maliyetlerini düşüreceğini ve denizaşırı ülkelerde daha düşük maaşlı çalışan ülkelere ihracatın azalacağını vurgulamışlardır. Pazara yakınlık, vasıflı iş temini ve çevre sinerjileri gibi diğer hususlar önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Bu amaçla endüstri 4.0 teknolojileri kullanılarak üretim görüşmelerine rehberlik edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Maliyetlerin azaltılması ve uzun vadeli büyümenin

endüstri 4.0 ile olabileceğini beyan etmişlerdir (R. Burritt, K., 2016), (S.H. Bonilla, 2018), (R. Brozzi, 2020), (B. Salah, 2019).

3. GÜNÜMÜZDE ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri 4.0 tam olarak uygulanmaya başladığında sosyal yaşamı etkileyecek ve başta işsizlik artacak gibi görünse de çok farklı iş istihdamı gerçekleşecektir. Gelişen teknoloji insan iş gücünü azaltacak makineleşecektir. Ancak endüstride ki gelişen bu şartlar bu kez farklı iş istihdamı doğuracaktır. Hayat mücadelesi veren her iş insanı gelişen endüstri dünyasında kendine bir yol çizecektir. Endüstri 4.0 gelişimi insanların hayatında birçok değişiklik yaptığı gibi büyük şirketlerin üretiminde de etkili olacaktır. Üretici rekabet piyasasında daha az giderle daha fazla ürün üretmek isteyecektir. Bunun içinde gelişen endüstriyi kullanacaktır.

Endüstri 4.0 günümüz teknolojisinin endüstriyel alanda kullanım noktasına ulaşmasıdır. Bu teknolojik gelişme daha da devam edecek ve güçlenecektir. Son zamanlarda hızla büyüyen iletişim ağı ile teknoloji gelişimi endüstriyi çok daha farklı noktalara taşıyacaktır. Hiç kuşkusuz insan konforu için gelişen bu teknoloji, insanların günlük yaşamını, iş hayatını, sosyal yaşam şartlarını, ekonomik yapısını etkileyecektir. Teknoloji çok hızlı gelişmektedir. İnsan hayatını kolaylaştıran her bir icat günlük yaşantının vaz geçilmez bir parçası olmaktadır. Bütün bu teknolojik gelişmeler Endüstri 4.0'ın geldiği noktayı göstermektedir.

Endüstri 4.0'ın en fazla kullanım alanlarından bir diğeri de yazılımlardır. Robotlaşmaya doğru ilerleyen bir dünyada endüstri 4.0 sadece üretim tesislerinde değil aynı zamanda tramvay, havaalanları, trafik, siber sistemler gibi umumi sistemlerde de gelişmeler yapmaktadır. Dijitalleşmenin en yoğun yaşandığı endüstri 4.0'da siber olayların da artarak büyümekte olduğu görülmektedir. Siber alemi içerisinde gerçekleşen siber olaylara karşı alınacak önlemler, yaşanan olaylar ile de değişmektedir. Bunun için siber olayın aydınlatılması gerekmektedir. Adli bilişim süreçleri siber olayların sonuçların tespit edilmesinde gerekli olarak elektronik delilleri ortaya çıkarmaktadır (Akbal, E., ve ark. 2016). Bu amaçla da siber suçlarla mücadele edebilmek için iletişim, eğitim, yazılım, donanım ve altyapının kullanımı hızla geliştirilmelidir. Siber suçlara karşı yapılan mücadeledeki teknolojik gelişmeler endüstri 4.0 kapsamında ele alınır. İnternet, telefon dolandırıcılığı, bankacılık işlemleri, atm'lere gizli cihaz yerleştirme, sahte kart yapımı, internet bankacılığında sahtecilik, internet ortamından banka hesaplarına müdahale edilmesi, hacker gibi kötü amaçlı insanların kullanması, sahtecilikte, başkalarına ait kimlik bilgilerinin dijital ortama taşınması gerektiğinde, baskısının aslı gibi kullanılmasıdır. Endüstri 4.0'ün dijitalleşme alanında siber olayların ve adli bilişim suçlarının açıklığa kavuşmasında kullanıldığından bahsetmektedir (Akbal, E., ve ark. 2016).

İnternetin kullanımı ve bilgisayar belleklerinde ki bilgilerin bulut sistemi ile karşılıklı bilgi akışının gerçekleştirildiğinden bahsetmektedir (Henkoğlu, T., 2013). Birbirleri ile internet ağı ile bağlı cihazların IP adresi baz alınarak adres düzenlemesi ve güvenlik sistemlerinin kontrol edilebileceğinden, bu konuda yeni gelişmeler yapılabir olacağından bahsetmektedir (Çiflikli, C., ve ark. 2012).

Adli davaların takibi ve dava açma gibi hukuki işlemler için bilişim sistemleri geliştirilmiştir. Vatandaş ve avukatlar için Ulusal Yargı Ağı Bilişim Sistemleri (UYAP) geliştirilmiştir. e-Duruşma sistemi yaygınlaştırılmıştır. Adli olayların daha kısa sürede sonuçlanması için yapılan çalışmalarda Endüstri 4.0 geldiği noktayı göstermektedir.

4. ÜRETİM AÇISINDAN ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri 4.0 bir diğer değerlendirilmesi, bilgisayar teknolojisinin kullanımı, sanayide yarı otomatik sistemlerin ve robotların kullanımı yaygınlaşmasıdır. Birçok sanayi kuruluşlarında mamuller el değmeden üretilmekte, paketlenme noktasına kadar makinelerle gerçekleştirilmektedir. Bu otomasyon çalışma tasarımı sistem yazılımları ile gerçekleşmektedir. Bugün gelinen nokta itibarı ile endüstri 4.0 yazılım sektörü başı çekmektedir. Şirketlerin endüstri 4.0 teknolojisine kadar gelişimi oldukça önem arz etmektedir. Üretimde yapay zeka kullanılır duruma gelmiştir. Seri üretimlerde ürünün banttan akışını, kutulama ve ambalajlanmasını sağlar. Ürün hatalarını önceden belirler, kayıpları azaltır gerektiğinde çözüm üretir, ürün tahlilleri yapabilir. Piyasaya sürülecek üründen beklentiyi karşılayıp karşılamadığı, istenilen özellikleri ve işlevliğini talebe göre belirlemek, üreticilerin doğru ürünü üretmesini sağlamak açısından oldukça önemlidir. Kaliteli ürün sağlamak, insan gücünü azaltmak, zamandan tasarruf, sorunlar karşısında pratik kalıcı çözüm üretmek Endüstri 4.0 teknolojisine ulaşmak ile mümkün olmaktadır. Ayrıca gelişen teknolojiyle özellikle OSB’de kurulu bulunan orta ve büyük ölçekli sanayi kuruluşlarının endüstri 4.0'a dönüşüme önem vermektedir. Kaliteli üretim, otomasyon ve yarı otomasyon üretim, enerji tasarrufu, istihdam, en önemlisi zaman tasarrufu, ulaşım, gibi temel unsurlar için endüstri 4.0 kullanılmaktadır. Türkiye’de endüstri 4.0, özellikle büyük sanayi sektöründe başlamıştır. Bunun sebebi yeni bir teknolojinin sanayide kullanımı daima maliyetli olmasıdır. Zamanla gelişen şartlar içerisinde orta ve küçük sanayi üreticilerine yönelik kullanımı artmıştır. Ülkemizde, özellikle orta sanayide teknolojiyi kullanma noktasında hala istenen düzeye gelinmemiştir. Büyük sanayi kuruluşları her bakımdan endüstri 4.0 seviyesine gelmiştir.

Gelişen endüstri 4.0 iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında da birçok yenilik göstermiştir. İş akışı sırasında insan sağlığını olumsuz etkileyecek kimyasal gaz ve atıkların teknolojik cihazlarla belirlenmektedir. Bununla birlikte iş alanında gerekli makine ve teçhizatların güvenle kullanımı, işçilerin ulaşamadığı yerlere görüntülü cihazlar ile ulaşılması, dayanıklı özel iş elbiselerinin üretilmesi gibi birçok kullanım ürünler iş sağlığı ve güvenliği için alınan tedbirlerde teknolojik gelişmeler ile gerçekleştirilmektedir.

Pandemi döneminde market alışverişlerinde ve hazır yemek sektöründe artış gözlemlenmiştir. Yemek firmaları müşteri siparişlerini gelişen teknoloji ile karşılaması endüstri 4.0’ın kullanımını yaygınlaştırmıştır. Dijital haberleşme ağı, sipariş hattı, işlerin organizasyonu, endüstri 4.0 gelişimini göstermektedir.

Bugün Endüstri 4.0’dan etkilenen önemli sektörlerden biri de sinema sektörüdür. Bir çok film sahneleri özellikle arka dekorlar ve sanatçı aksesuarlarında kullanılmaktadır. Çekimlerin dijital ortamlara aktarılması, kaliteli görüntü özel makineler geliştirilmiştir.

5. SONUÇ

1700’lü yılların son çeyreğinden başlayarak günümüze kadar çok önemli gelişmeler yapan sanayi devrimi endüstri 4.0 durumuna gelmiştir. Endüstri 4.0’ ile daha az insan gücü ve daha çok makine kullanılarak akıllı fabrikalar kurulmuştur. Bu fabrikalarda ki cihazların kontrolü uzaktan kontrol edildiği için güvenlikleri de önem arz etmektedir (Süzen A.A., Kayaalp K., 2019). Endüstri 4.0 mekanik, elektrik ve bilgisayar, bilişim gibi teknolojik gelişmelerin kullanımına bağlı olduğundan, özellikle yazılımcı ve programcı mühendislerin yetiştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Kısaca endüstri 4.0 günümüzde insan yaşamını etkileyen her sahada teknolojiyi üretmek, kullanıma sunmak olarak değerlendirilmektedir. Endüstri 4.0’ın her alanda

kullanılması, insan yaşam kalitesini artıracaktır. Endüstri 4.0'ın irdelenmesi, gelişen teknolojinin doğru kullanımının değerlendirilmesi sağlanmış olur. Ayrıca sanayi üretimi açısından bakıldığında ürün bazında büyük şirket üreticileri ile orta ve küçük ölçekli sanayi üreticilerinin arasında önemli bir teknolojik boşluk olduğu gözlemlenmiştir.

Bugün endüstri 4.0'ın geldiği nokta, insan gücü ve beyninin yapamayacağı, robotik bir uygulamaya gelmiştir. Bilişim noktasında en karmaşık problemleri, iletişim sistemlerini kontrol etmekte ve düzenlemektedir. Edüstrinin gelişimi üretimde ki hataların azaltılması, eğitim seviyesinin yükseltilmesi, iş akışını düzenlemektedir. Üretimde ve yapılan hizmetlerde sürekli iyileştirme ve standartlaştırmaya yönlendirmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Akbal, E., Doğan, Ş. Kaya, M., (2016). ‘Adli Bilişim Mühendisliği Müfredatı ve Gereksinimleri’. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(2), s.149-158,
- [2] Apiliogullari, L., (2018). ‘The Road Map of Digital Transformation’, Aura Publishing, ISBN: 978-605-103-381-5, İstanbul.
<https://doi.org/10.18506/anemon.460721>
- [3] Burrirt, R., K. Christ, (2016). ‘Industry 4.0 and environmental accounting: a new revolution’, Asian J. Sustainability and Soc. Responsibility 1 (1) 23–38.
doi: [10.1186/s41180-016-0007-y](https://doi.org/10.1186/s41180-016-0007-y)
- [4] Bonilla, S.H., H.R. Silva, M. Terra da Silva, R. Franco Gonçalves, J.B. Sacomano, (2018). ‘In- dustry 4.0 and sustainability implications: a scenario-based analysis of the impacts and challenges’, Sustainability 10 (10) 3740.
<https://doi.org/10.3390/su10103740>
- [5] Brozzi, R., D. Forti, E. Rauch, D.T. Matt, (2020). ‘The advantages of industry 4.0 applications for sustainability: results from a sample of manufacturing companies’, Sustainability 12 (9) 3647. doi:10.3390/su12093647
- [6] Çiflikli, C., Gezer, A., Özşahin, A. T. (2012). ‘Packet traffic features of IPv6 and IPv4 protocol traffic’. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 20 (5), 727-749. doi:10.3906/elk-1008-696
- [7] Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., Zühlke, D. (2014, July). ‘Human-machine-interaction in the industry 4.0 era. In Industrial Informatics (INDIN)’, 2014 12th IEEE International Conference on (pp. 289-294).
- [8] Henkoğlu, T., Külcü, Ö., (2013). ‘Bilgi Erişim Platformu Olarak Bulut Bilişim: Riskler ve Hukuksal Koşullar Üzerine Bir İnceleme,’
<http://www.bby.hacettepe.edu.tr/yayinlar/dosyalar/94-828-1-PB.pdf>
- [9] Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., Gonzalez, E. S., (2022). ‘Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability’ Sustainable Operations and Computers 203–217 <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.008>
- [10] Ngo, F. T., ve Paternoster, R. (2011). ‘Cybercrime Victimization: An examination of Individual and Situational level factors’. International Journal of Cyber Criminology, 5(1).
- [11] Salah B., M.H. Abidi, S.H. Mian, M. Krid, H. Alkhalefah, A. Abdo, (2019). ‘Virtual reality-based engineering education to enhance manufacturing sustainability in industry 4.0,’ Sustainability 11 (5) 1477. doi.org /[10.3390/su11051477](https://doi.org/10.3390/su11051477)
- [12] Süzen A.A., Kayaalp K., (2019) ‘Endüstri 4.0 Ve Adli Bilişim’ Bilim Ve Teknoloji Araştırmaları 2019’ October
- [13] <https://www.tarnet.com.tr/medya-merkezi/blog/endustri-4-0-nedir/>

KOMPOZİT PLAKALARIN DARBE DAVRANIŞINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Ümran ESENDEMİR¹ Aykut ERBİL²

Accepted: 2022-07-19

DOI: 10.47118/ somatbd.1118204

ÖZET

Bu çalışmada; cam elyaf takviyeli epoksi kompozit plakaların, darbe davranışını etkileyen faktörler deneysel olarak incelenmiştir. Darbe enerjisi, numune kalınlığı, vurucu ucu geometrisi ve ortam şartları, darbe davranışını etkileyen faktörler olarak ele alınmıştır. Enerji seviyesi (40J, 80J, 100J), numune kalınlığı (2 mm ve 4 mm), deniz suyu ortamı (3 ay ve 6 ay) ve vurucu ucu geometrisine (10 mm ve 20 mm) bağlı olarak elde edilen kuvvet-çökme miktarı değişimleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda kompozit plakaların darbe davranışları üzerine darbe enerjisinin, numune kalınlığının, vurucu ucu geometrisinin ve deniz suyu ortam şartlarının etkisinin olduğu görülmüştür. Özellikle; darbe enerjisinin artması, numune kalınlığının ince olması ve ince numunelerde vurucu ucu çapının küçük seçilmesi durumlarında numunelerin darbe dayanımlarının daha fazla azaldığı ve delinme hasarı meydana geldiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Kompozit malzeme, deniz suyu, darbe enerjisi, kalınlık, vurucu geometrisi

A STUDY ON FACTORS AFFECTING IMPACT BEHAVIOR OF COMPOSITE PLATES

ABSTRACT

This study was conducted on the factors affecting the impact behavior of glass fiber reinforced epoxy composite plates. Impact energy, sample thickness, impactor tip geometry and ambient conditions are considered among the factors affecting impact behavior. Changes in force-displacement differences obtained depending on energy level (40J, 80J, 100J), sample thickness (2 mm and 4 mm), seawater environment (3 and 6 months), impactor tip geometry (10mm 20mm) were investigated. As a result of the study, it was observed that the impact energy, sample thickness, impactor tip geometry and seawater ambient conditions had an effect on the impact behavior of the composite plates. Especially, in cases where the impact energy is increased, the thickness of the sample is thin and the diameter of the impactor tip for thin samples is chosen for thin samples. Meanwhile, the impact strength of the samples decreases and has been observed that puncture damage occurs.

Keywords: Composite material, seawater, impact energy, thickness, impactor shape

1. GİRİŞ

Cam/epoksi kompozit malzemelerin, son yıllarda birçok uygulamada, yüksek mekanik özellikler ve düşük ağırlık nedeniyle kullanımı giderek artmaktadır. Başta uzay, otomotiv,

¹ Prof., Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi Müh. Fak. Mak. Müh. Böl., Isparta/TÜRKİYE

² Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bil. Enst.Mak.Müh.ABD, Isparta/TÜRKİYE

havacılık sanayi olmak üzere, inşaat malzemeleri, müzik, spor aletleri gibi bir çok yerde kullanılan kompozit malzemeler, farklı darbe enerjilerine maruz kalabilmektedirler. Bu darbe enerjileri sonucunda da malzemede hasar oluşmaktadır. Düşük darbe enerjilerinde oluşan hasar matris çatlağı ve delaminasyon şeklinde gözükürken, darbe enerjisinin artması ile hasar, fiber kırılması ve delinme şekline dönüşmektedir. Tabakalı kompozit malzemelerin düşük hızlı darbe davranışları üzerine deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Fidan ve arkadaşları [1] tekrarlı düşük hızlı darbe testleri sonrası, cam fiber takviyeli polyeester kompozitte ortaya çıkan içyapı hasarları üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında, tekrarlı darbelerin, malzeme iç yapısında, matris çatlağı, delaminasyon ve fiber kırılmaları şeklinde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Öndürücü ve Can [2] tabakalı cam elyaf/epoksi kompozitlerin darbe davranışını deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmalarında, darbe enerjisinin artması ile numunelerin her iki yüzeyindeki hasar bölgelerinin arttığından bahsetmişlerdir. Ayrıca 8 tabakalı numunelerin darbe dayanımlarının, 12 tabakalı numunelere göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Uyaner ve arkadaşları [3] düşük hızlı darbeye maruz, E-camı/epoksi tabakalı kompozitlerde plaka boyutlarının (180x50 mm, 180x100 mm, 180x150 mm) hasara etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Numune genişliği büyüdükçe çökmelerin azaldığı, maksimum kuvvetin ise arttığı görülmüştür. Esendemir ve Caner [4] tabakalı kompozit malzemelerin 2 farklı kalınlık ve darbe enerjisi için darbe davranışlarını deneysel olarak incelemişlerdir. Plaka kalınlığının artması ile çökme değerlerinin azaldığını ve darbe dayanımlarının arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca ince tabakalı yüksek darbe enerjisine sahip numunelerde, delinme hasarı oluştuğunu belirtmişlerdir. Deniz ve arkadaşları [5] cam/epoksi kompozit boruların basma dayanımı ve darbe davranışı üzerine, deniz suyu ve darbe yüklerinin etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Numuneler 3,6,9 ve 12 ay boyunca laboratuvar koşullarında deniz suyunda bekletilmişlerdir. Kuvvet-çökme miktarı ve hasar mekanizması üzerine deniz suyu etkisinin, boru çapındaki artışla, darbe enerjisinden daha etkili olduğunu fakat küçük çaplar için ise darbe enerjisinin, deniz suyu etkisinden daha fazla olduğu belirtilmiştir. Vijay ve arkadaşları [6] SiCp katkılı cam epoksi kompozitlerin mekanik davranışı üzerine deniz suyunun etkisini incelemişler ve deniz suyunun çekme mukavemetini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Zhao ve arkadaşları [7] kompozit malzemelerin delaminasyon davranışları üzerine farklı sıcaklıklardaki deniz suyunun etkilerini incelemişlerdir. Kırılma tokluğunun deniz suyuna maruz kalma ve artan daldırma sıcaklığı ile azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca, deniz suyunda bekletilen numunelerde delaminasyonun da büyüdüğünü açıklamışlardır. Esendemir ve Karaca [8] düşük hızlı darbe yüküne maruz kompozit plakaların üzerine asidik ortamın etkisini incelemişlerdir. Numuneler farklı hidroklorik asit çözeltisinde farklı sürelerde bekletildikten sonra, darbe testleri, iki farklı darbe enerjisi altında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, darbe enerjisi değeri arttıkça, maksimum kuvvet ve maksimum çökme miktarının arttığı ve asidik ortamda bekletilen numunelerdeki çökmelerin daha fazla olduğu belirtilmiştir. Agrawal ve arkadaşları [9] fiber takviyeli polimer matris kompozitlerin darbe davranışları üzerine literatür taraması yapmışlardır. Test parametreleri ve standart parametrelerin yanısıra vurucu şekli, vurucu ağırlığı, darbe hızı ve ortam şartlarının darbe davranışı üzerindeki etkileri belirtilmiştir. Ayrıca hasar alanı, absorblanan enerji, temas süresi gibi hususlar üzerinde de durulmuştur.

Günümüzde farklı alanlarda kullanımı giderek artan kompozit malzemeler darbelere maruz kalmaktadır. Kompozitlerin maruz kaldığı darbe sonucu oluşan hasar, darbe enerjisine, numune geometrisine, oryantasyon açısına, ortam şartlarına , vurucu geometrisi gibi değişik faktörlere bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Bu amaçla bu çalışmada kompozit plakaların darbe

davranışına, darbe enerjisi, numune kalınlığı, vurucu ucu geometrisi ve deniz suyunun etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

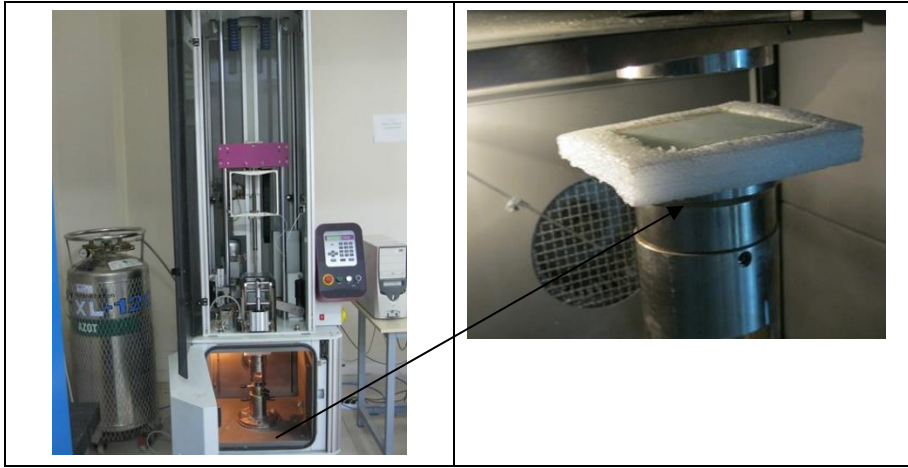
2. DARBE TESTLERİ

Darbe testlerinde kullanacağımız kompozit malzeme IZOREEL (Kompozit İzole Malzemeler, İzmir) firmasında üretilmiştir. Darbe testleri için üretilen kompozit plakalar 100x100 mm boyutlarında kesilmiştir. Her bir test parametresi için 3 adet numune hazırlanmıştır. Tablo 1’de darbe test numunelerine ait test parametreleri verilmiştir.

Darbe testleri KOSV10İ, KOSV20İ, KOSV10K ve KOSV20K numuneleri SDÜ YETEM (Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi)’ de diğer testler Dokuz Eylül Üniversitesi’nde Fractovis Plus darbe test cihazında yapılmıştır (Şekil 1). Darbe testlerinde numunenin tam ortasına darbe ucu düşey olarak serbest bırakılır. Darbe testleri oda sıcaklığında yapılmıştır. Her bir parametre için 3 kez darbe testi yapılarak ortalaması alınmıştır.

Tablo 1. Test Parametreleri

Adlandırma	Numune tipi	Darbe Enerjisi (J)	Ortam Şartları	Vurucu Ucu
KOS40K	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	40	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=12 mm
KOS80K	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	80	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=12 mm
KOS100K	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	100	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=12 mm
KOS40I	$[+45/-45/0/90]_s$	40	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=12 mm
KDS40K3	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	40	Deniz suyu (3 ay)	Yarım küre d=12 mm
KDS40K6	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	40	Deniz suyu (6 ay)	Yarım küre d=12 mm
KOSV10İ	8 tabaka örgü	20	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=10 mm
KOSV20İ	8 tabaka örgü	20	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=20 mm
KOSV10K	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	40	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=10 mm
KOSV20K	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	40	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=20 mm

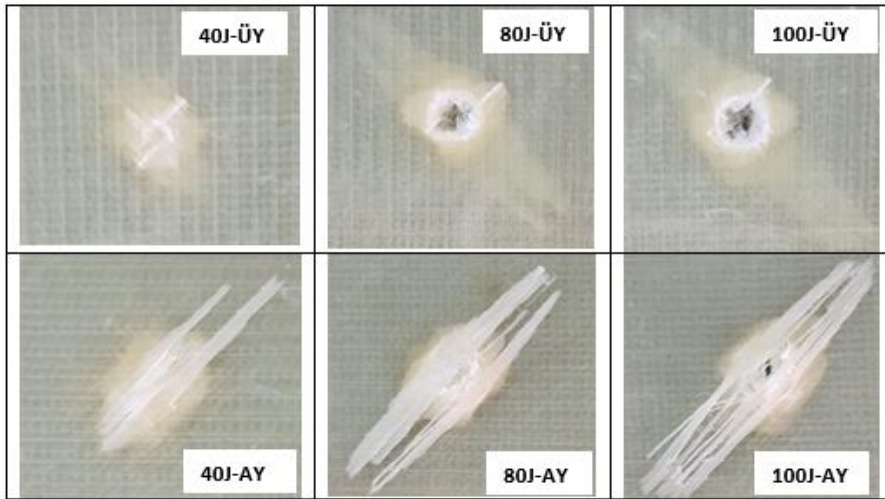


Şekil 1. Darbe Test Cihazı

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Darbe Enerjisinin Etkisi

Kompozit plakalara darbe enerjisinin etkisini görmek için $[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$ oryantasyon açısına sahip 16 tabakalı kompozit plakalara 40J, 80J ve 100J olmak üzere 3 farklı darbe enerjisi uygulanmıştır. Şekil 2'de farklı darbe enerjisi uygulanmış (40J, 80J, 100J) numunelerin üst ve alt yüzeylerinin fotoğrafları verilmiştir.

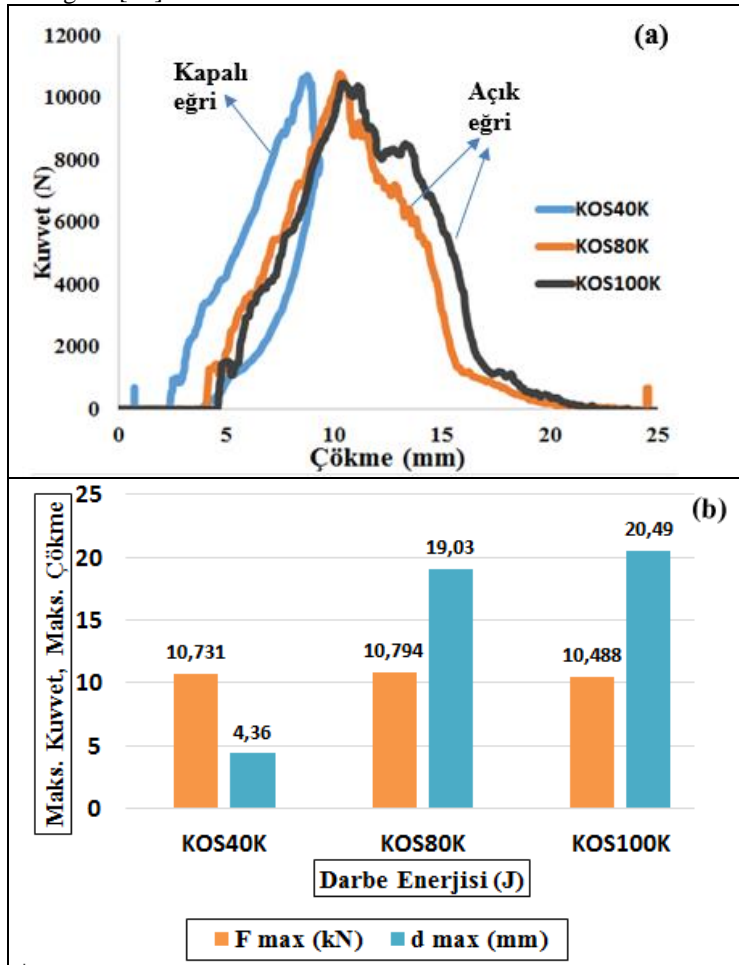


Şekil 2. Farklı Darbe Enerjisi Uygulanmış (40J, 80J, 100J) Numunelerin Üst (ÜY) ve Alt (AY) Yüzeylerin Fotoğrafları

Şekil 2'den görüleceği üzere darbe enerjisi arttıkça hasarın arttığı ve darbe uygulanmış üst yüzeydeki hasarın darbe uygulanmamış alt yüzeye göre daha az olduğu görülmüştür. Sabancı ve Karakuzu [10] çalışmalarında darbe enerjisi arttıkça hasar alanının arttığı ve eğilmeden dolayı

numunenin darbesiz yüzey alanının darbeli yüze göre çok daha büyük olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca; Mathivanan ve Jerald [11], örgü cam fiber takviyeli epoksi kompozit malzemelerin darbe davranışını farklı enerji seviyelerinde (3.14J, 4.71J, 6.28J, 7.8J ve 15.7J) deneysel olarak incelemişlerdir. Darbe enerjisi attıkça kompozit numunenin hasarının arttığı sonuçları bizim çalışmamız ile uyumlu bir sonuç göstermiştir.

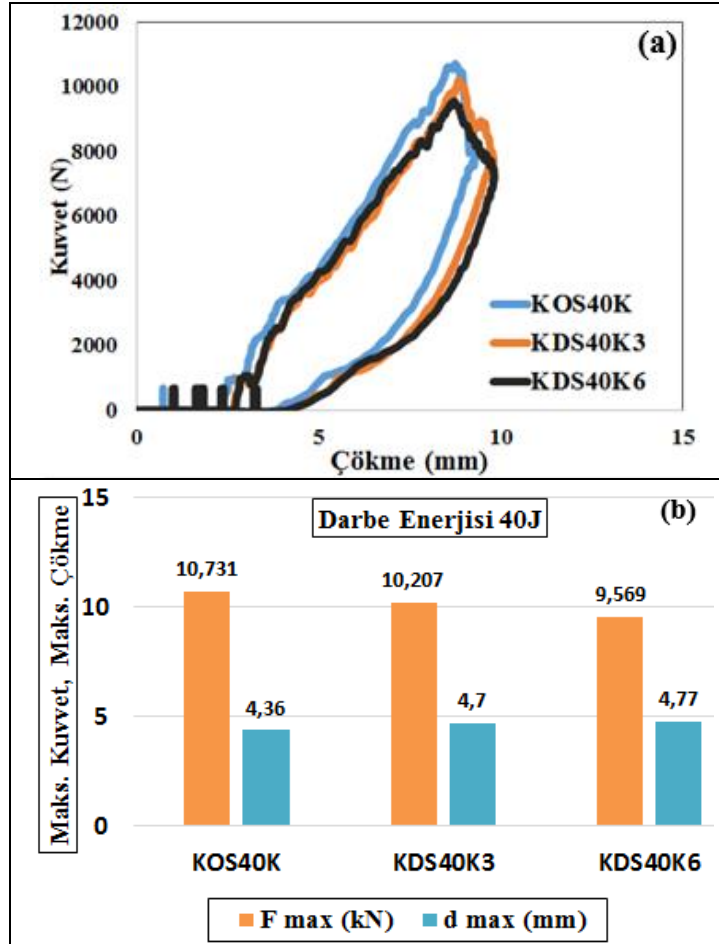
Şekil 3'de farklı darbe enerjileri uygulanmış kompozit numunelere ait kuvvet-çökme eğrileri verilmiştir. Kuvvet-çökme eğrilerinden görüleceği üzere darbe enerjisi arttıkça çökme miktarı artmaktadır (Şekil 2b). Şekil 2a'dan görüleceği üzere 40J darbe enerjisi uygulanan numunelerde [12] kapalı eğri oluşurken; 80J ve 100J darbe uygulanmış numunelerde açık eğri oluşmuştur. Darbe hasarı geri sekme (kapalı eğri), nüfuziyet (saplanma) ve delinme (açık eğri) olmak üzere üç şekilde meydana gelir. Geri sekmede numune darbe enerjisinin bir kısmını absorbe ederken, diğer kısmını darbe ucunun numune yüzeyinde geri sekmesinde kullanır. Nüfuziyet darbe ucu enerjisinin hemen hemen tümünü numuneye aktararak numune ile beraber hareket eder. Delinmede ise temas kuvveti maksimum değere yükselir sonra minimuma düşer ve delinme meydana gelir [13].



Şekil 3. Farklı Darbe Enerjileri Uygulanan Numunelerin (a) Kuvvet-Çökme Eğrileri, (b) Maksimum Kuvvet ve Maksimum Çökme Grafiği

3.2. Deniz Suyunun Etkisi

$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_5$ oryantasyon açısına sahip 16 tabakalı numuneler kuru (oda sıcaklığı) [12], 3 ve 6 ay deniz suyunda (% 3,8 tuz oranına sahip Akdeniz suyu) bekletildikten sonra 40J darbe enerjisinde darbe testleri yapılmıştır. Şekil 4'te oda sıcaklığında kuru ortamda ve deniz suyunda bekletilen (3 ay ve 6 ay) numunelerin kuvvet-çökme değerleri verilmiştir.



Şekil 4. Oda Sıcaklığında Kuru Ortamda ve Deniz Suyunda Bekletilen (3 ve 6 ay) Numunelerin (a) Kuvvet-Çökme Eğrileri, (b) Maksimum Kuvvet ve Maksimum Çökme Grafiği

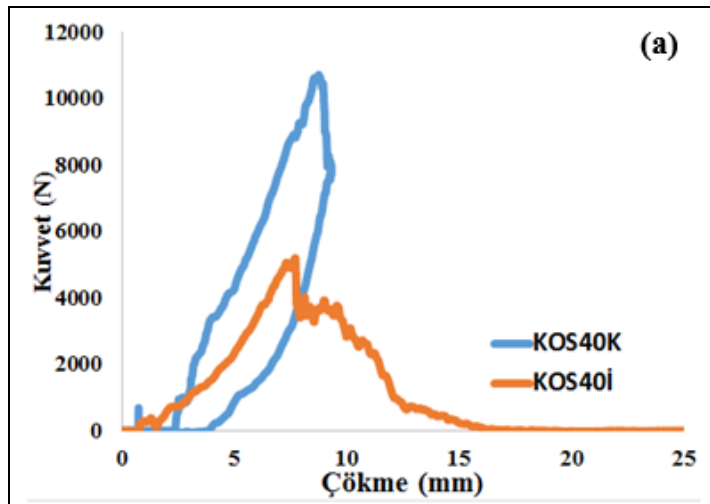
Şekil 4'ten görüleceği üzere deniz suyunun kompozitlerin darbe dayanımlarını olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. Bekletme süresi arttıkça bu olumsuz etki daha da artmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışmadaki elde edilen sonuçlar literatürle uyum içindedir. Erklığ ve arkadaşları [14] çalışmalarında test numunelerinin, deniz suyunda bekletilmesinin, numunelerin darbe dayanımlarını azalttığını belirtmişlerdir. 70 °C deniz suyunda bekletilen numunelerin darbe dayanımlarında %30, 25 °C deniz suyunda bekletilen numunelerin darbe dayanımlarında ise %27,3 lük bir azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Strait ve arkadaşları [15] cam fiber takviyeli epoksi kompozitlerin darbe davranışına deniz suyunun etkisini

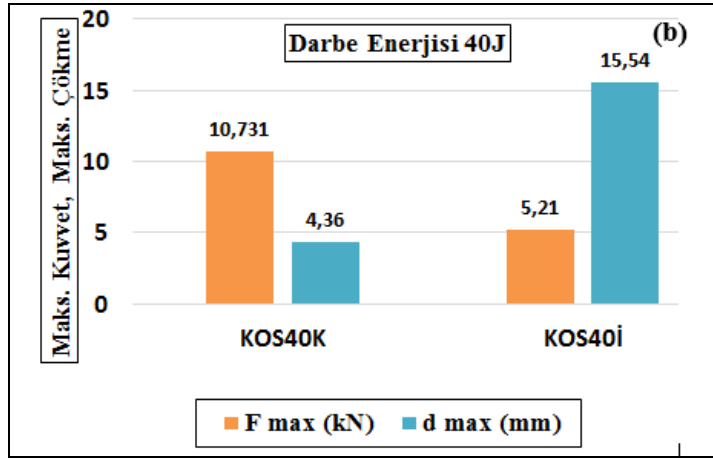
incelemişlerdir. Çalışmalarında deniz suyunun kompozitlerin darbe dayanımlarını azalttığını belirtmişlerdir.

3.3. Numune Kalınlığının Etkisi

Kompozit numunelerde, numune kalınlığının, darbe dayanımına etkisini görmek için 2 mm $([+45/-45/0/90]_s)$ ve 4 mm $([+45/-45]_2/(0/90)_2]_s)$ kalınlığında numune alınmıştır. 8 ve 16 tabakalı olan bu plakalara 40J darbe enerjisi uygulanmıştır. Şekil 5'te 8 (KOS40İ) ve 16 (KOS40K) tabakalı plakaların kuvvet-çökme değerleri verilmiştir.

Tabaka sayısına bağlı olarak artan plaka kalınlığıyla, çökme değerleri azalmakta ve dolayısıyla plakaların darbe dayanımı artmaktadır. Naik ve arkadaşları [16] düşük hızlı darbeye maruz polimer matris örgü kompozitlerde plaka kalınlığının etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmalarında plaka kalınlığı olarak 4.5 mm ile 8 mm arasında değişen kalınlıklar kullanılmıştır. İnceleme sonucunda, plaka kalınlığı artması ile çökmelerin azaldığı ve yük taşıma kapasitelerinin arttığı belirtilmiştir. Ayrıca Esendemir ve Caner [4] ile Öndürücü ve Can [2] da çalışmalarında plaka kalınlığının artması ile plakaların darbe dayanımlarının arttığından bahsetmişlerdir. Bu sonuçlar da bizim çalışmamızla uyumlu bir sonuç göstermiştir.

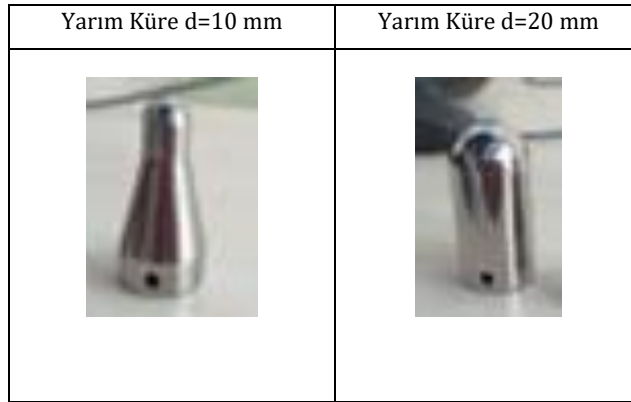




Şekil 5. 8 ve 16 Tabakalı Numunelerin (a) Kuvvet-Çökme Eğrileri, (b) Maksimum Kuvvet ve Maksimum Çökme Grafiği

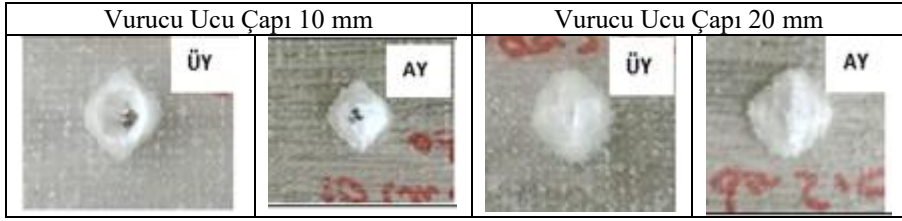
3.4. Vurucu Ucu Etkisi

Kompozit numunelerin darbe dayanımının, vurucu geometrisinin etkisini görmek için 10 mm ve 20 mm çaplı yarım küre şekilli vurucular kullanılmıştır (Şekil 6).



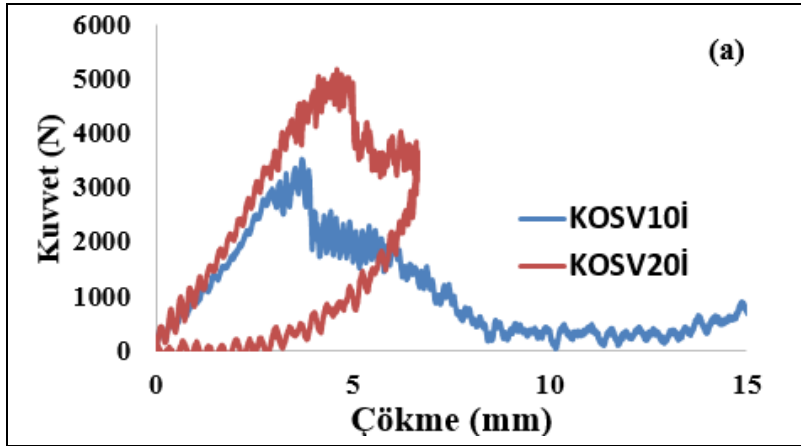
Şekil 6. Darbe Deneyinde Kullanılan Vurucu Uçları

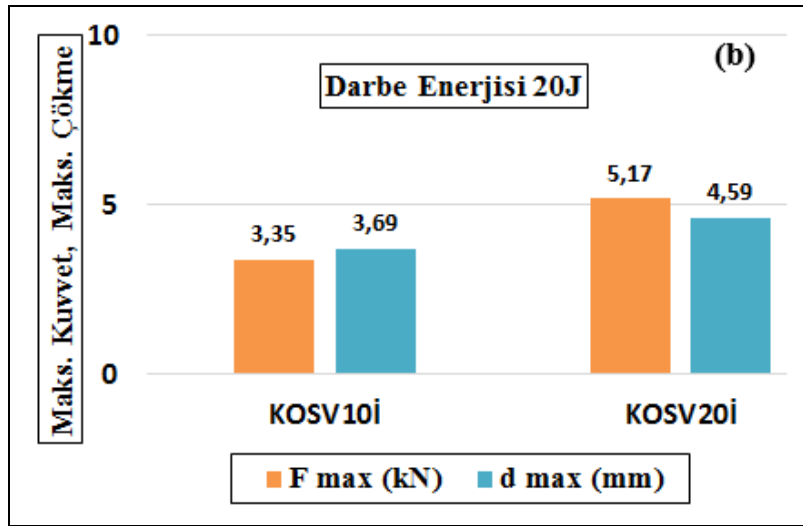
8 tabakalı örgü numunelere (ince numuneler) 20J darbe enerjisi uygulanmıştır. Şekil 7'de 10 mm ve 20 mm çapında darbe ucu kullanılarak 20J darbe enerjisi uygulanan numunelerin üst ve alt yüzeylerinin fotoğrafları gösterilmiştir. Şekil 7'den görüleceği üzere, 10 mm çapında vurucu ucu kullanılması durumunda numunede delinme hasarı oluşmuştur.



Şekil 7. Farklı Vurucu Ucu Çapı Uygulanmış 8 Tabakalı Numunelerin Üst ve Alt Yüzeylerin Fotoğrafları

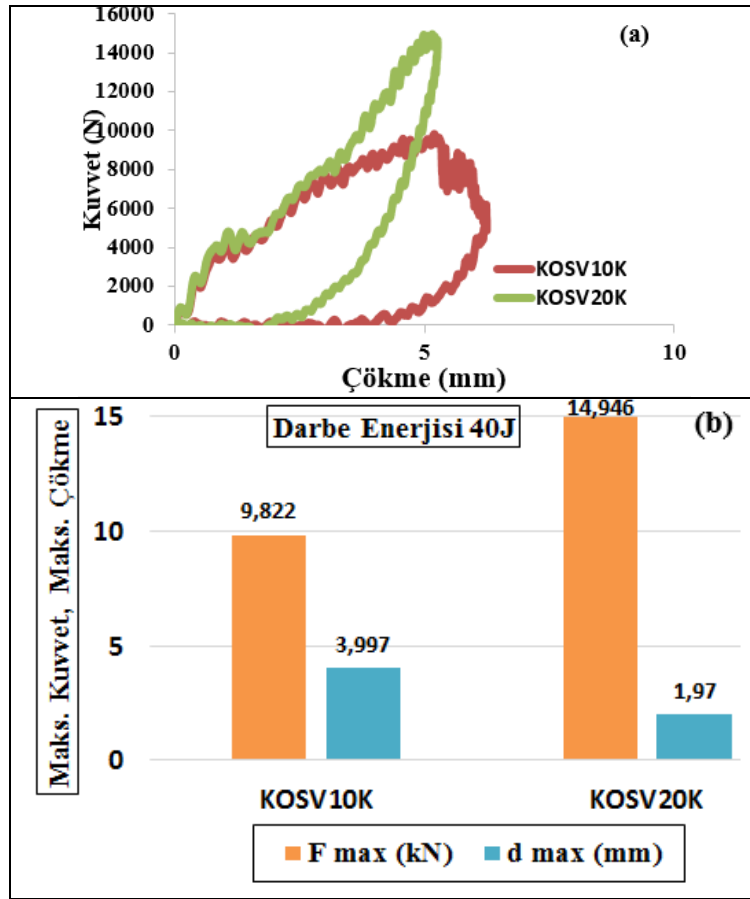
Şekil 8’de vurucu ucu çapı 10 mm ve 20 mm kullanılarak, 20J darbe enerjisi uygulanan 8 tabakalı örgü numunelerin kuvvet-çöme değerleri verilmiştir. Şekil 8’den görüleceği üzere 20J darbe enerjisi uygulanan 8 tabakalı örgü kompozit numunelerde (ince numune) vurucu ucu çapı arttıkça maksimum kuvvet ve maksimum çökmenin arttığı görülmüştür. Ayrıca; 20J darbe enerjisi altında yapılan darbe testlerinde 10 mm çapında vurucu ucu kullanılması durumunda numunede açık eğri oluşurken (delinme hasarı), 20 mm çapında vurucu ucu kullanılmasında ise kapalı eğri (geri sekme) oluşmuştur.





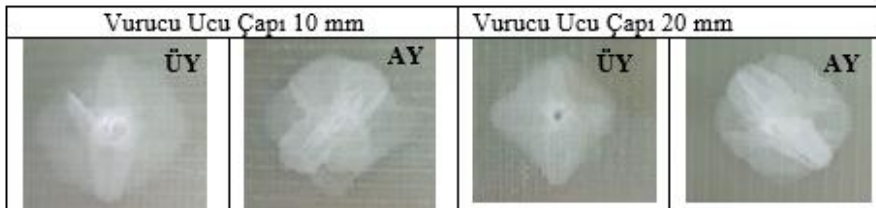
Şekil 8. Vurucu Ucu Çapı 10 mm ve 20 mm Kullanılarak 20J Darbe Enerjisi Uygulanan 8 Tabakalı Örgü Numunelerin (a) Kuvvet-Çökme Eğrileri, (b) Maksimum Kuvvet ve Maksimum Çökme Grafiği

Ayrıca kalın numunelerde $[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$ vurucu ucu geometrisinin etkisini görmek için 40J darbe enerjisi altında 10 mm ve 20 mm çaplı yarı küresel şekilli vurucular kullanılmıştır. Şekil 9'da 40J darbe enerjisi altında 10 mm ve 20 mm çaplı vurucu ucu kullanılarak yapılan numunelere ait kuvvet-çökme değerleri verilmiştir. 40J darbe enerjisi uygulanan kalın kompozit numunelerde $[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$ vurucu ucu çapı arttıkça maksimum kuvvetin arttığı, maksimum çökmenin ise azaldığı görülmüştür. Numunelere farklı vurucu çaplarında, darbe enerjisi uygulanması, kalın numunelerin eğri tipini değiştirmemiş, her iki vurucu çapında kapalı eğri tipi görülmüştür. Uyaner ve Kara [17] E-cami/epoksi kompozit boruların darbe davranışına vurucu ucu geometrisinin etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında; 24 mm ve 12 mm yarı küresel ve 120° piramit uca sahip vurucular kullanmışlar ve darbe deneylerini 5J, 10J ve 15J olmak üzere düşük darbe enerjilerinde yapmışlardır. Kuvvet - yer değiştirme grafiklerinde, kuvvetin arttığı bölgedeki eğim, eğilme rijitliği olarak adlandırıldığı ve yarı küresel uçlu vuruculardan elde edilen eğrilerde, eğilme rijitliğinin benzerlik gösterdiği belirtilmiştir. Bu da bizim çalışmamızla uyumludur.



Şekil 9. Vurucu Ucu Çapı 10 mm ve 20 mm Kullanılarak 40 J Darbe Enerjisi Uygulanan 16 Tabakalı Numunelerin (a) Kuvvet-Çökme Eğrileri, (b) Maksimum Kuvvet ve Maksimum Çökme Grafiği

Şekil 10'da 10 mm ve 20 mm çapında darbe ucu kullanılarak 40J darbe enerjisi uygulanan kalın numunelerin üst ve alt yüzelerinin fotoğrafları gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere her iki vurucu çapında da benzer hasarlar meydana gelmiş, delinme hasarı görülmemiştir.



Şekil 10. Farklı Vurucu Ucu Çapı Uygulanmış 16 Tabakalı Numunelerin Üst ve Alt Yüzelerinin Fotoğrafları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, cam elyaf takviyeli epoksi kompozit plakaların darbe davranışına etki eden faktörler deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Darbe enerjisi arttıkça çökmelerin ve hasarın arttığı görülmüştür. Düşük darbe enerjisinde eğri kapalı iken darbe enerjisinin artması ile eğri açık tipe dönüşmüştür.
- Yapılan tüm testlerde, darbe enerjisi, darbe dayanımı üzerinde en önemli parametredir.
- Hasar alanı, darbe uygulanan üst yüzeyde daha azdır.
- Aynı darbe enerjisi (40J) uygulanan deniz suyunda bekletilen numunelerde ($[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$), bekletme süresi arttıkça maksimum kuvvetin azaldığı, maksimum çökmelerin ise arttığı görülmüştür. Maksimum kuvvet değerinde; 3 ay deniz suyunda bekletilen numunelerde, oda sıcaklığında bekletilen (kuru) numunelere göre yaklaşık %5 azalma görülürken bu değer 6 ay deniz suyunda bekletilen numunelerde yaklaşık %11'dir. Maksimum çökme değerlerindeki artış ise 3 ay deniz suyunda bekletilen numunelerde yaklaşık %8, 6 ay deniz suyunda bekletilen numunelerde yaklaşık %10'dur. Kompozit numunelerin deniz suyunda bekletilmesi maksimum kuvvet ve çökme değerlerini olumsuz yönde etkilemesine rağmen eğri tipini değiştirmemiştir.
- Aynı darbe enerjisi (40J) uygulanan 2 mm kalınlığındaki ince numunelerde ($[(+45/-45/0/90)_s]$) ve 4 mm kalınlığındaki kalın numunelerde ($[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$); numune kalınlığının artması ile yük yaşama kapasitesinin arttığı (% 106) çökmenin ise azaldığı (% 72) görülmüştür. Plaka kalınlığı arttıkça kompozit plakanın hasar alanı azalmakta ve dolayısıyla darbe dayanımı artmaktadır. Ayrıca, numune kalınlığının artması eğri tipini değiştirmiştir. İnce numunelerde açık eğri görülürken kalın numunede kapalı eğri görülmüştür.
- 20J darbe enerjisi uygulanan 8 tabakalı örgü kompozit numunelerde (ince numune) vurucu ucu çapı arttıkça maksimum kuvvet (%54) ve maksimum çökmenin (%24) arttığı görülmüştür 40 J darbe enerjisi uygulanan kalın kompozit numunelerde ($[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$) vurucu ucu çapı arttıkça maksimum kuvvetin %52 oranında arttığı, maksimum çökmenin ise %50 oranında azaldığı görülmüştür. Numunelere farklı vurucu çaplarında darbe enerjisi uygulanması, ince numunelerde eğri tipini değiştirirken kalın numunelerde eğri tipini değiştirmemiştir.

7. KAYNAKLAR

- [1] Fidan, S., Avcu, E., Sınmazçelik, T., (2011). Cam Fiber Takviyeli Polyester Kompozitte Tekrarlı Darbe Yüklemeleriyle Oluşan Hasar Mekanizmaları. I. Ulusal Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu, 17-19 Kasım, İzmir, 1-12.
- [2] Öndürücü, A., Can, G., (2018). Tabakalı Cam Elyaf Kompozitlerin Darbe Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 6(3), 435 – 447.
- [3] Uyaner, M., Kara, M., Ataberk, N., (2007). E Camı/Epoksi Tabakalı Kompozitlerin Düşük Hızlı darbe Davranışına Numune Boyutlarının Etkisi. 8. Uluslararası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı, , 7-9 Kasım, İstanbul, 361-368.
- [4] Esendemir, Ü., Caner, A.Y., (2018). Tabakalı Kompozit Malzemelerin Darbe Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(1), 207-215.
- [5] Deniz, M.E., Karakuzu,R., İçten B.M., (2013). Transverse Impact and Axial Compression Behaviorso of Glass/Epoxy Pipes Subjected to Seawater and Impact Loading. International Journal of Damage Mechanics, 22(7), 1071-1085.
- [6] Vijay, R.B., Shivdarshan, B., (2018). Effect of Moisture Absorption on Tensile Properties of SiC p Filled Glass Fiber Reinforced Epoxy Composite Material. International Journal of Scientific and Engineering Research, 9(11):1347-1350.
- [7] Zhao, Y., Liu, W., Seah, L.K., Chai, G.B., (2016). Delamination Growth Behavior of A Woven E-Glass/Bismaleimide Composite in Seawater Environment. Composites Part B, 106, 332-343.
- [8] Esendemir, Ü., Karaca, H., (2019). Düşük Hızlı Darbe Yüküne Maruz Kompozit Plakalara Asidik Ortamın Etkisi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(1), 26-33.
- [9] Agrawal, S., Singh, K.K., Sarkar, P.K., (2014). Impact Damage on Fibre-Reinforced Polymer Matrix Composite – A Review. Journal of Composite Materials, 48(3), 317-332.
- [10] Sabancı, E., Karakuzu, R., (2013). Effect of Embedded Delaminations on Impact Behavior of Laminated Composites. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(7) (IMSP 2013 Özel Sayı), 303-309.
- [11] Mathivanan, N.R., Jerald, J. (2010). Experimental Investigation of Woven E-Glass Composite Laminates Subjected to Low-Velocity Impact at Different Energy Levels. Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, 9(7): 643-652.
- [12] Caner, A.Y., (2016). Zamana Bağlı Olarak Kompozit Malzemelerin Darbe Davranışına Soğuk Ortamın Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Isparta.

- [13] Karakuzu, R., Çalık, İ.C., Deniz, M.E. , (2017). Tabakalı Kompozit Plakların Darbe Davranışı Üzerine Deniz Suyu Etkisinin Araştırılması. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi 7(2/2), 1-12.
- [14] Erklığ, A., Oğuz, Z.A., Bozkurt, Ö.Y., (2021). An Experimental Investigation on the Charpy Impact Response of Glass/Epoxy Composites Aged in Seawater. The International Journal of Materials and Engineering Technology 004, 51-60.
- [15] Strait, L.H., Karasek, M.L., Amateau, M.F., (1992). Effects of Seawater İmmersion on The Impact Resistance of Glass Fiber Reinforced Epoxy Composites. Journal of Composite Materials, 26(14):2118-2133.
- [16] .Naik, N.K., Meduri, S., Sekher, Y. C. (2000). Polymer Matrix Woven Fabric Composites Subjected to Low Velocity İmpact: Part II-Effect Of Plate Thickness, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 19 (13), 1031-1055.
- [17]. Uyaner, M., Kara, M., (2016). E-Camı/Epoksi Kompozit Boruların Darbe Cevabına Vurucu Geometrisinin Etkisi. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A- Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik, 17(3), 512-520.

T.C. MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOMA MESLEK YÜKSEKOKULU TEKNİK BİLİMLER DERGİSİ
YAZIM KURALLARI VE YAYIN İLKELERİ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi**, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu tarafından yılda iki kez yayımlanır. Dergide, Meslek Yüksekokulları Teknik Programlarında yer alan anabilim dallarıyla ilgili konularda özgün ve nitelikli çalışmalar, yabancı dillerden Türkçe'ye çeviriler ve güncel tez özetleri yayımlanabilir.

Dergiye gönderilen eserlerde aranacak yayın ilkeleri ve yazım kuralları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

1-) Dergiye gönderilen yazı ve makaleler daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış ve yayın hakları verilmemiş olmalıdır.

2-) Dergide yayınlanacak yazı ve makaleler Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca'dan herhangi biriyle yapılabilir. Ancak Türkçe hazırlanan çalışmalarda Türk Dil Kurumunun belirlediği kurallar esas alınmalıdır. Çalışmanın başında Türkçe başlık ve en fazla 200 sözcükten oluşan Türkçe ve İngilizce özet ile en fazla 10 tane anahtar sözcük verilmelidir.

3-) Dergide yayımlanacak çalışmaların biçim sırası

- Türkçe başlık
- Özet
- Anahtar sözcükler
- İngilizce özet
- İngilizce anahtar sözcükler
- Metin
- Kaynaklar
- Ekler

şeklinde olmalıdır.

4-) Çalışmanın başlığı sol üst kenardan 6 cm. aşağıdan yazılmalıdır. Başlığın sağ alt tarafına yazar veya yazarların adları akademik ünvanlarla birlikte yazılmalı çalıştığı kurum, iletişim ve elektronik posta adresleri ise adların yanına konulacak dipnot işaretleriyle sayfa altına verilmelidir. Eğer çalışma başka bir kurumdan destek aldıysa başlık yanına verilecek dipnotla sayfa altına ilgili kurum yazılmalıdır.

5-) Dergiye gönderilecek yazı ve makaleler MS Word programında yazılmış üç kopya olarak eposta veya kargo yoluyla gönderilmelidir.

6-) Çalışmalar ekleriyle birlikte 15 sayfayı geçmemelidir.

7-) Metin yazımı A4 boyutundaki kağıda tek aralıklı olarak times new roman tur karakteriyle 10 punto, dipnot ve açıklamalar 8 punto ile yazılmalıdır. Başlıklar 12 punto koyu, özet ve dipnotlar tek ara ile yazılmalıdır. Sayfa boyutları sol 5 cm, sağ 4 cm, üst 7 cm ve alt 5 cm. olacak şekilde ayarlanmalıdır.

8-) Metin içindeki alıntı ve aktarma yoluyla kullanılan kaynaklar; parantez sistemine göre soyadı, yılı ve sayfası olacak şekilde metin içinde cümle bitiminde gösterilmeli ve ayrıca kaynakçada da yer almalıdır. Açıklama ve diğer dipnotlar numaralandırma esasına göre metnin sonuna eklenmelidir.

9-) Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi** ulusal hakemli bir dergidir. Dergiye gönderilen yazı ve makaleler ilgili alandaki en az iki hakeme gönderilir. Oy birliği sağlanamazsa üçüncü bir hakeme gönderilerek sonuca karar verilir. Yazı ve makalelerin içeriğinden yazarlar ve hakemler sorumludur.

10-) Yazı ve makalesi yayımlanan her yazara derginin ilgili sayısından 1 adet gönderilir. Ayrıca telif ücreti ödenmez.

11-) Dergi yayın ilkelerine, yazım kurallarına ve bilimsel araştırma yöntemlerine uygun olmayan yazı ve makaleler yayın kurulunca dikkate alınmaz.