T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği

MF

MM 4006

BİTİRME PROJELERİ KİTAPÇIĞI

Makina Mühendisliği Bölümü

2025–2026 Akademik Yılı



24 özgün mühendislik projesi

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik Fakültesi / Makina Mühendisliği Bölümü

HAZİRAN 2026

BÖLÜM BAŞKANIMIZDAN

Mühendislik Yolunda İlk Adımlar: Sabır ve Emekle Gerçekleştirilen Özgün Projeler

Makine mühendisi adaylarımızın lisans hayatları boyunca edindikleri teorik birikimi, laboratuvar deneyimlerini ve analitik yeteneklerini sabırla, adım adım ve adeta ilmek ilmek işleyerek gerçeğe dönüştürdükleri bu ilk büyük mühendislik başarısını, "Bitirme Tezi Projeleri Kitapçığı" ile sizlerle buluşturmanın mutluluğunu yaşıyoruz.

Makine mühendisliği; teorik bilginin pratik zekayla, analitik düşüncenin ise yenilikçi tasarımlarla harmanlandığı, teknolojinin ve sanayinin kalbini oluşturan dinamik bir disiplindir. Bölümümüzde verdiğimiz köklü ve modern eğitimin en önemli nişanesi olan bu çalışmalar, MM 4006 Bitirme Projesi dersini alan öğrencilerimizin meslek hayatlarına adım atmadan önce mühendislik etiğine uygun, özgün ve katma değer yaratan projelere imza attıkları akademik birer eşiktir.

Bu kapsamda, öğrencilerimizin yoğun emekleriyle hazırlanan 24 adet bitirme tez projesinin sunum ve değerlendirme süreçleri, 11/06/2026 tarihinde saat 10:00'da akademik kurulumuz, danışman hocalarımız ve öğrencilerimizin katılımıyla başarıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kitapçıkta bir araya getirilen her bir çalışma; akışkanlar mekaniğinden aerodinamiğe, imalattan konstrüksiyona, termodinamikten kontrol sistemlerine kadar geniş bir yelpazede, genç meslektaşlarımızın araştırmacı kimliklerinin ve uykusuz gecelerinin birer ürünüdür.

Projelerin hayata geçirilmesinde öğrencilerimize sadece akademik birer danışman değil, aynı zamanda birer fener olan, onlara vizyon katan bölümümüzün değerli öğretim üyelerine ve elemanlarına şükranlarımı sunuyorum.

Ayrıca, öğrencilerimizin yenilikçi fikirlerini somut projelere dönüştürmelerine imkan tanıyan, araştırma altyapımıza ve bütçelerine katkı sağlayan TÜBİTAK'a, üniversitemiz bilimsel araştırma ekosistemini destekleyen KTÜ BAP koordinatörlüğüne, ülkemizin millî teknoloji hamlesinde öncü rol üstlenen TUSAŞ'a ve projelerimize doğrudan veya dolaylı olarak katkıda bulunan tüm diğer destek veren kurum ve kuruluşlara bölümümüz adına derin teşekkürlerimizi borç biliriz. Sanayi ve akademi iş birliğinin bu güzel örnekleri, geleceğin mühendislik vizyonunu inşa etmemizdeki en büyük motivasyon kaynağımızdır.

Büyük bir azimle çalışarak mühendislik unvanını hak eden ve bu eserlerin asıl sahibi olan mezunlarımızı yürekten tebrik ediyorum. İnanıyorum ki, buradan aldığınız güçlü temeller ve yenilikçi bakış açısıyla, endüstride ve akademik dünyada ülkemizi ve üniversitemizi en iyi şekilde temsil edeceksiniz.

Yolunuz açık, mühendislik vizyonunuz daima ileriye dönük olsun.

Prof. Dr. Mustafa SARIOĞLU
Makina Mühendisliği Bölüm Başkanı

İÇİNDEKİLER

24 bitirme projesi · Haziran 2026

BÖLÜM BAŞKANIMIZDAN 02

01 DRONE KANATLARINDA PERFORMANS İYİLEŞTİRİCİ ÇERÇEVE LÜLE – YAYICI PROJESİ 05

02 SU JETİ TAHRİKLİ KAMİKAZE GÖREV PROFİLLİ İNSANSIZ SU ÜSTÜ ARACININ DİNAMİK MODELLEME VE KONTROLÜ 06

03 METALOGRAFİK HASSAS KESME CİHAZI TASARIMI ve İMALATI 07

04 FARKLI TANE BOYUTLARINDAKİ CU-Nİ-Sİ-CR ESASLI SERT BAKIR ALAŞIMLARININ YÜKSEK SICAKLIK TRİBOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ 08

05 METAL NUMUNE YÜZEYLERİNİN PARLATILMASI İÇİN TİTREŞİM ESASLI VE SIVI HAZNELİ PARLATMA CİHAZI TASARIMI VE İMALATI 09

06 YAY KATSAYISI BELİRLEME CİHAZI TASARIMI VE İMALATI 10

07 YENİ TİP SPLİT HOPKİNSON TESTİ 11

08 MASAÜSTÜ CNC İMALATI VE FARKLI PARÇALARIN İŞLENMESİ 12

09 Sandviç Yapılarda Eklemeli İmalat Destekli Özelleştirilebilir Core Desenlerinin Fonksiyonel Tasarımı Ve 5. Nesil Uçaklara Uygulanması 13

10 HİBRİT AFET KEŞİF ARACI: TASARIM VE İMALATI 14

11 DOĞADAN ESİNLENİLEREK DELTA KANAT TASARIMI ve AERODİNAMİK KARAKTERİSTİĞİNİN İNCELENMESİ 15

12 1000 KM YÖRÜNGEDEKİ MİKRO UYDUNUN ÜZERİNDE BULUNAN NANO UYDUNUN MEKANİK OLARAK AYRILMA SİSTEMİ 16

İÇİNDEKİLER / DEVAM

Projeler 13–24

13	MİKRO BOYUTTA KARBON ELYAF KIRPMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ELDE EDİLEN ELYAFLARIN SEM İLE KARAKTERİZASYONU	17
14	Sürekli elyaf takviyeli kompozit parçaların eklemeli imalat ve kalıplama prosesleri ile hibrit imalatı	18
15	FOTOVOLTAİK DESTEKLİ HİBRİT GÜNEŞ FIRINI	19
16	TURBOŞARJ TABANLI VE PROPAN YAKITLI BİR MİNİ TURBOJET MOTORUNUN DENEYSEL TASARIMI VE ANALİZİ	20
17	TOZ METALURJİSİ İLE ÜRETİLEN K490 TAKIM ÇELİĞİ ÜZERİNE UYGULANAN TiN, TiCN VE AlTiN KAPLAMALARIN SERTLİK VE AŞINMA DAVRANIŞINA ETKİSİ	21
18	KÜÇÜK ÖLÇEKLİ CNC TEZGAHI TASARIMI VE ÜRETİMİ	22
19	FISTIK YAĞI ÇIKARMA MAKİNASI TASARIMI	23
20	HİDROLİK PRESLE ZEYTİN SIKMA MAKİNESİ	24
21	CEVİZ SOYMA MAKİNESİ TASARIMI PROJESİ	25
22	TAŞIT EGZOZ GAZINDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ	26
23	BİYODİZEL/DİZEL YAKITI KARIŞIMI İLE ÇALIŞABİLEN (100-120) KW GÜCÜNDE ÇEVRECİ VE HAFİF BİR MİNİBÜS MOTORUNUN PİSTON TASARIMI	27
24	EV TİPİ 5 LİTRE KAPASİTELİ VE HİJYENİK PALET TASARIMLI YAYIK MAKİNESİ PROTOTİPİ ÜRETİMİ	28

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

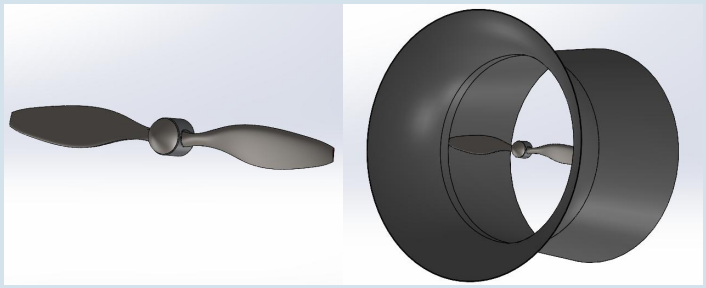
DRONE KANATLARINDA PERFORMANS İYİLEŞTİRİCİ ÇERÇEVE LÜLE – YAYICI PROJESİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

ÖĞRENCİ 1. Berkan KARA, ÖĞRENCİ 2. Sefa SANCAK, ÖĞRENCİ 3. Şinasi Kaan POLAT
karaberkan997@gmail.com
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU ; burhan@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

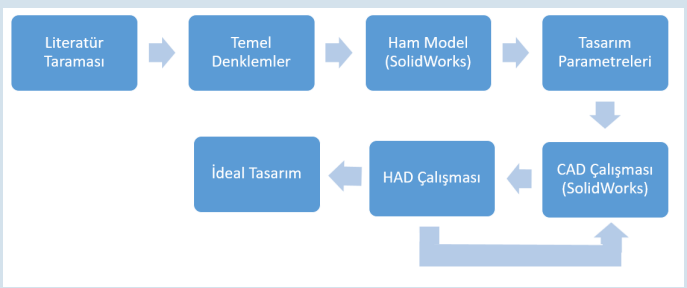
Bu çalışmada dron itki sistemlerinde verimliliği artırmak amacıyla, pervane etrafına monte edilen çerçeve yapılarının aerodinamik etkileri incelenmiştir. Geleneksel açık pervanelerde enerji kayıplarına ve itki veriminin düşmesine neden olan kanat uç girdap yapılarının ve pervaneden geçen akış yapısının kontrollü olmasını sağlayacak şekilde pervane etrafına bir lüle-yayıcı bağlantısının eklenmesi ile ortaya çıkan performans iyileştirmesi parametrik olarak incelenmiş ve en ideal tasarım geometrisi belirlenmiştir.



Şekil 1. Açık ve çerçeveli dron pervanesi

2. YÖNTEM

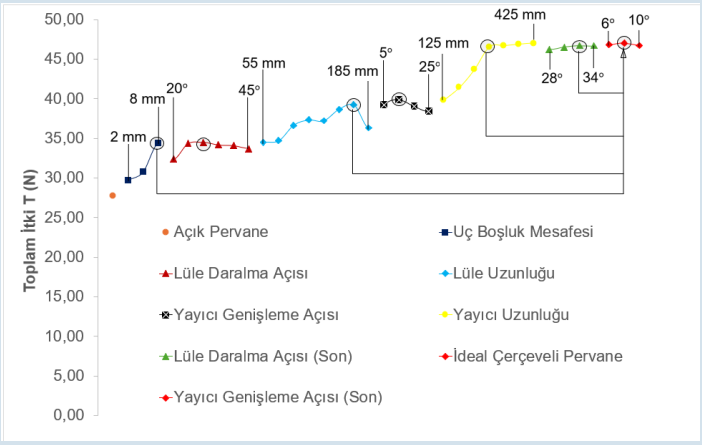
Çalışma kapsamında öncelikli olarak konu ile ilgili literatür taraması yapılmış ve lüle-yayıcıdan oluşan dron çerçevesi geometrik özellikleri üzerinde literatürde bir çalışma yapılmadığı görülmüştür. Hesaplamalı olarak yapılan çalışmada uygun HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) modeli ve türbülans modelinin seçimi ile çerçeve geometrisi üzerinde çeşitli sayısal testler yapılmıştır. Çalışmada k-w SST türbülans modeli ve sonlu hacim yaklaşımı kullanılarak FLUENT ile hesaplar yapılmıştır. Sisteme ait üç boyutlu model SolidWorks ile oluşturulmuş ve FLUENT'e aktarılmıştır. Lüle uzunluğu, lüle daralma açısı, uç boşluk mesafesi, yayıcı uzunluğu ve yayıcı genişleme açısının toplam itki, tork, güç ve verim üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Hedef parametre olan verim; indüklenmiş gücün kullanılan güce oranı olarak tanımlanmıştır [1]. Bu parametre ile açık pervaneli dron verimindeki iyileşmeyi sağlayan en ideal lüle-yayıcı tasarımı sayısal olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Çalışmaya ait akış diyagramı

3. BULGULAR

Çalışma kapsamında açık (çerçevesiz) dron üzerine monte edilen lüle-yayıcı formundaki çerçevenin geometrik boyutlarının sistem verimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla yapılan sayısal testler ile farklı lüle boyu ve daralma açısı, pervane ve çerçeve arasındaki uç boşluk mesafesi, yayıcı boyu ve genişleme açısı birer parametre olarak alınıp, ideal sonucu veren bir tasarım oluşturulmuş, güç ve verim gibi performans değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 3. Toplam itkinin tasarım parametreleri ile değişimi

4. SONUÇLAR

Çerçevesiz tasarım ve oluşturulan ideal tasarım üzerinde yapılan sayısal testler ile güç ve verim gibi performans değerleri hesaplanmış ve hesaplanan değerler tablo üzerinde karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tablo 1'de görülmekte olan M-TC2-NA32-NL155-DA8-DL275 kodlu tasarım; uç boşluk mesafesi (TC) 2 mm, lüle daralma açısı (NA) 32°, lüle uzunluğu (NL) 155 mm, yayıcı genişleme açısı (DA) 8° ve yayıcı uzunluğu 275 mm geometrik boyutları için elde edilmiştir.

Tablo 1. Pervaneye çerçeve eklenmesi durumunda performans değerleri değişimi

Model	Toplam İtki- $T\ (N)$	Tork- $\tau\ (Nm)$	Açısal Hız- $\omega\ \left(\frac{rad}{s}\right)$	Güç- $P\ (W)$	Verim- $\eta_i\ (\%)$	Kütlesel Debi- $\dot{m}\ (kg/s)$
Açık	27,72	1,75	470	823,78	29,03	1,9
M-TC2-NA32-NL155-DA8-DL275	47,02	1,69	470	794,30	66,5	2,1
Fark	19,30	-0,06	0	-29,48	37,48	0,20

5. KAYNAKLAR

1. McCormick, B. W., Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics, Second Edition, John Wiley & Sons, New York, 1995, ss. 152-165, 357.

Destekleyen kurum/kuruluş/firma :Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A projeleri desteği kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MM 4006 BİTİRME PROJESİ

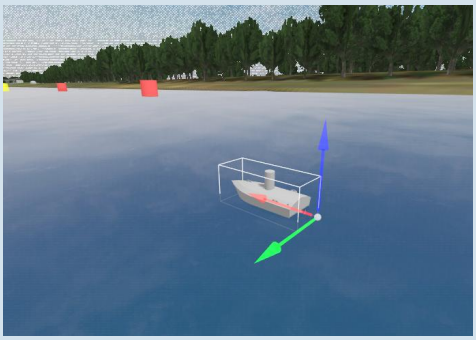
SU JETİ TAHRİKLİ KAMİKAZE GÖREV PROFİLLİ İNSANSIZ SU ÜSTÜ ARACININ DİNAMİK MODELLEME VE KONTROLÜ

T.C. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

ÖĞRENCİ 1. Hacer CEYLAN 414366, ÖĞRENCİ 2. Emir Can BALCI 416556
hacerceylan341@gmail.com
Proje Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi CANER SANCAK
csancak@ktu.edu.tr

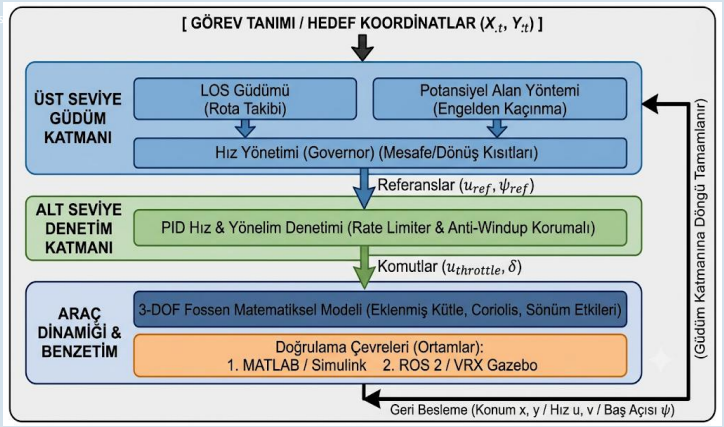
1. GİRİŞ

Su jeti tahrikli kayıcı İDA'ların zorlu denetim problemini çözmek amacıyla; 3-DOF Fossen modeli, LOS rota takibi, Potansiyel Alan tabanlı engelden kaçınma ve kısıt korumalı PID denetiminden oluşan bütünleşik bir mimari tasarlanmıştır. Sistem, Simulink ve dalga/rüzgâr bozuculu VRX (Gazebo) ortamlarında test edilerek düşük yanal hata ve çarpışmasız güvenli manevra yeteneği doğrulanmıştır.



Şekil 1. VRX (Gazebo) benzetim ortamının genel görünümü

2.YÖNTEM

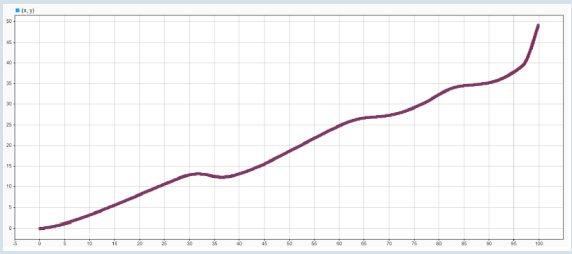


Şekil 2. Yöntem diyagramı

Model: Yatay düzlemde 3-DOF Fossen hidrodinamik modeli kurgulanmıştır.
Güdüm: LOS (rota takibi) ve Potansiyel Alan (engelden kaçınma) algoritmaları kullanılmıştır.
Denetim: "Rate limiter" ve "anti-windup" korumalı PID denetleyiciler tasarlanmıştır.
Benzetim: Sistem mimarisi, MATLAB/Simulink ve VRX/Gazebo ortamlarında doğrulanmıştır.

3. BULGULAR

Çarpışmasız Otonom Seyir: Araç, güzergâhı üzerindeki 3 farklı engeli güvenli bir mesafeden (minimum 3.1 metre) sıyırarak hedefe hiçbir çarpışma yaşamadan ulaşmıştır.
Hassas Rota Takibi: İdeal koşullarda aracın rotadan sapma payı ortalama 0.38 metre (Simulink) ve 0.46 metre (VRX) gibi oldukça düşük ve güvenli seviyelerde kalmıştır.
Hızlı ve Dengeli Tepki: Aracın istenen hıza ulaşması sadece 1.8 saniye sürmüş, ani hızlanmalarda hedeflenen hızı aşma (sarsıntı) oranı yalnızca %6 ile sınırlı tutulmuştur.
Zorlu Şartlara Karşı Direnç: Simülasyona rüzgâr (3 m/s) ve dalga (Beaufort 2) gibi dış etkenler eklendiğinde bile araç görevden kopmamış, rotadan ortalama sapma sadece 0.72 metre seviyesinde kalarak testleri başarıyla geçmiştir.



Şekil 3. Simulink ortamında engelli senaryo için otonom seyir rotası (XY)

4. SONUÇLAR

Yüksek Kararlılık: Geliştirilen iki katmanlı kontrol mimarisi, su jeti tahrikli yüksek hızlı İDA'nın rotasını kararlı ve minimum sapma ile takip etmesini sağlamıştır.
Güvenli Manevra: "Rate limiter" ve "anti-windup" korumaları, keskin engelden kaçınma manevralarında motorun ve nozülün fiziksel sınırlarını koruyarak savrulmayı önlemiştir.
Sıfır Çarpışma: LOS güdümü ile Potansiyel Alan yönteminin bütünleşik çalışması, rotadaki tüm engellerin sıfır çarpışma ile güvenli bir şekilde aşılmasını sağlamıştır.
Dış Etkenlere Dayanıklılık: Dalga ve rüzgâr gibi zorlu çevre koşulları altında bile sistemin görevini başarıyla tamamladığı ve yüksek dayanıklılık (robustness) gösterdiği kanıtlanmıştır.

Performans Metriği	Simulink	VRX (ideal)	VRX (dalga + rüzgâr)
Yanal sapma RMS, e_y (m)	0,38	0,46	0,72
Yanal sapma maks. (m)	0,92	1,15	1,84
Baş açısı hatası RMS (°)	2,8	3,6	5,1
Hedefe varış süresi (s)	14,2	15,7	17,9
Toplam yol uzunluğu (m)	118,4	121,3	126,9
Minimum engel uzaklığı (m)	4,2	3,8	3,1
Çarpışma sayısı	0	0	0
Maksimum yaw oranı (rad/s)	1,38	1,42	1,49

Tablo 1. Senaryo bazlı performans metrikleri

5. KAYNAKLAR

1.Fossen, T. I., Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control, John Wiley & Sons, Chichester, U.K., 2011.
2.Breivik, M. ve Fossen, T. I., Guidance Laws for Autonomous Ships, Proc. IFAC Conf. Manoeuvring and Control of Marine Craft, 37(10), 2004, 539-544.
3.Khatib, O., Real-Time Obstacle Avoidance for Manipulators and Mobile Robots, International Journal of Robotics Research, 5(1), 1986, 90-98.

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A desteği kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

METALOGRAFİK HASSAS KESME CİHAZI TASARIMI ve İMALATI

Batuhan YURTTADUR*, Cihat AKÇA, Kenan ÖZCAN
Proje Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Doğan ACAR

1. GİRİŞ

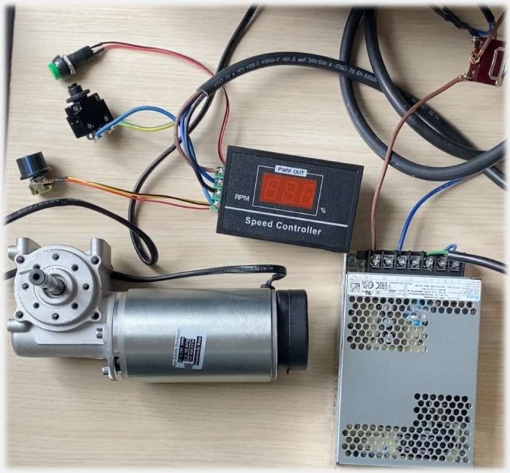
Metalografik analizlerin doğruluğu, numune hazırlama aşamasının kalitesine doğrudan bağlıdır. Standart kesme işlemleri sırasında ortaya çıkan termal yanmalar ve mekanik deformasyonlar, malzemenin mikroyapısını bozarak doğru veriler elde edilmesini engellemektedir. Tam da bundan dolayı, numunenin yapısını en saf haliyle korumak amacıyla tasarımımızda düşük devirli (0-300 rpm) bir kesme prensibi üzerinde durduk.

2. AMAÇ ve KAPSAM

Projenin temel amacı, üniversite laboratuvarları ve sanayi kuruluşlarının kalite kontrol birimleri için erişilebilir, yerli bir "Düşük Hızlı Hassas Kesici" geliştirmektir. Bu kapsamda, cihazın 0-300 rpm hız aralığında çalışması, yerçekimi beslemeli mekanizmayla sabit kuvvet uygulaması ve pasif su haznesiyle soğutma yaparak test maliyetlerini düşürmesi hedeflenmiştir.

3. TAHRİK VE İLERLEME MEKANİZMASI

Sistemin tahriki, 12-24V DC geniş çalışma gerilimi aralığına sahip, 100W gücündeki redüktörlü DC motor (210 mm uzunluk, 67 mm çap) ile gerçekleştirilmektedir. Sistem, 24V güç kaynağı ile beslendiğinde yüksüz durumda 450 rpm devir hızına ulaşabilmekte ve 10 mm çapındaki motor şaftına entegre edilen sabitleme mekanizması üzerinden gücü kesici diske güvenle iletmektedir. Numunenin ilerletilmesi ise, disk üzerindeki kesme direncini anlık olarak dengeleyen yerçekimi beslemeli kaldıraç mekanizması ile sağlanmaktadır.



4. TASARIM VE İMALAT YÖNTEMİ

Cihazın fonksiyonel prototipinin hızlı şekilde hayata geçirilebilmesi amacıyla, gövde konstrüksiyonunda "hibrit bir prototipleme" yapılmıştır. Sistemde tercih edilen redüktörlü DC motorun yaklaşık 2.5 kg gibi yüksek bir kütleye sahip olması ve gövdeye yan yüzeyden cıvatalarla konsol şeklinde sabitlenecek olması, yüksek bir yapısal taşımacılık ve rijitlik gereksinimi doğurmuştur. Bu doğrultuda, söz konusu yükleri karşılayabilmek adına taşıyıcı iç karkas 18 mm kalınlığında MDF levhalardan imal edilmiş; dış kapama ve koruyucu muhafaza elemanları ise prototip aşamasını tamamlamak adına 3B baskı teknolojisiyle üretilmiştir.

0.3 mm kalınlığındaki kesme diskinin 12.7 mm çapındaki tahrik miline bağlantısında, prototip aşamasındaki mekanik sadeliği korumak ve parça sayısını azaltmak adına ekstra bir rulman yataklamasına gidilmemiştir. Bunun yerine, yüksek devirlerde eksenel kaçıklıkları önlemek ve diski güvenli bir şekilde merkezleme amacıyla, taşlama tezgahlarındakine benzer faturalı bir mil ucu ve baskı pulu (sıkma flanşı) kombinasyonu kullanılarak disk mekanik olarak kilitlenmiştir.



5. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Proje kapsamında, tahrik ve kesme mekanizmasının çalışabilirliğini fiziksel olarak test etmek amacıyla geçici bir fonksiyonel prototip üretilmiştir. Cihazın kalbini oluşturan redüktörlü motor ve elektronik kontrol grubunun toplam maliyeti yaklaşık 6.000 TL olarak gerçekleşmiştir.

Görsellerde yer alan MDF ve 3B baskılı dış şasi, sadece prototipleme sürecini hızlandırmak amacıyla kullanılmış geçici bir çözümdür. Gelecek çalışmalarda bu gövdenin, tam sızdırmazlık ve yüksek titreşim sönümleme kapasitesi sağlayacak kaynaklı DKP çelik sac konstrüksiyon ile değiştirilmesi hedeflenmektedir. Bu geliştirmeyle birlikte, ithal muadillerine kıyasla çok daha ekonomik ve laboratuvar standartlarına uygun yerli bir cihaz ortaya konulmuş olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Callister, W. D., Jr., & Rethwisch, D. G. (2020). Materials Science and Engineering: An Introduction (10th ed.). John Wiley & Sons.
- ASTM International, ASTM E3-11: Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens, West Conshohocken, PA, 2017.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2019). Shigley's Mechanical Engineering Design (11th ed.). McGraw-Hill Education.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

FARKLI TANE BOYUTLARINDAKİ CU-Nİ-Sİ-CR ESASLI SERT BAKIR ALAŞIMLARININ YÜKSEK SICAKLIK TRİBOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

T.C. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

Buğra SOĞUKSULU*, Sefa SATILMIŞ
*soguksulubugra@gmail.com

Proje Danışmanları: Doç. Dr. Harun YANAR yanar@ktu.edu.tr , Prof. Dr. Gençağa PÜRÇEK purcek@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Cu-Ni-Si-Cr alaşımları, yüksek elektriksel/termal iletkenlik ve iyi mekanik dayanım sayesinde özellikle hızlı tren havai hat tellerinde ve nokta kaynak elektrodlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişen teknolojik gereksinimler, bu bileşenlerin yüksek sıcaklık ve sürekli mekanik sürtünme altında daha üstün aşınma direnci sergilemesini zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada, Cu-Ni-Si-Cr alaşımına Çok Yönlü Dövme işlemi uygulanarak tane inceltmesi yapılmış ve ardından elde edilen iri ve ince taneli yapıların tribolojik davranışları oda sıcaklığında, 120°C ve 250°C koşullarında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

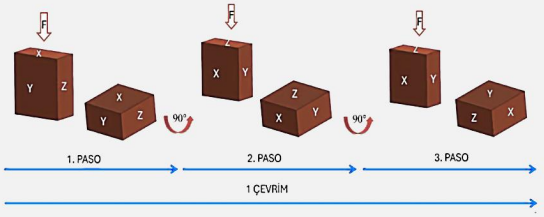
2. YÖNTEM

Proses-1 (İri Taneli Yapı)

- 950 °C'de 1,5 saat çözündürme işlemi sonrasında suda soğutulmuş, ardından 700 °C'de 3 saat süreyle aşırı yaşlandırılmış ve ***iri taneli yapı*** elde edilmiştir.

Proses-2

- Proses-1 ile elde edilen numuneler, oda sıcaklığında 3 pasoluk Çok Yönlü Dövme (ÇYD) işlemine tabi tutulmuştur. Mikroyapısal incelmenin temelini oluşturan ***yüksek dislokasyon yoğunluğuna sahip yapı*** elde edilmiştir.



Şekil 1. ÇYD işleminin uygulama adımları

Proses-3 (İnce Taneli Yapı)

- Yüksek dislokasyon yoğunluğunu gidermek amacıyla $500°C'de$ 1 saat rekristalizasyon tavlaması yapılarak ***ince taneli yapı*** elde edilmiştir.

Sertlik Ölçümü (HV)



Şekil 2. Sertlik ölçüm cihazı

Mikroskobik İncelemeler



Şekil 3. Optik Mikroskop

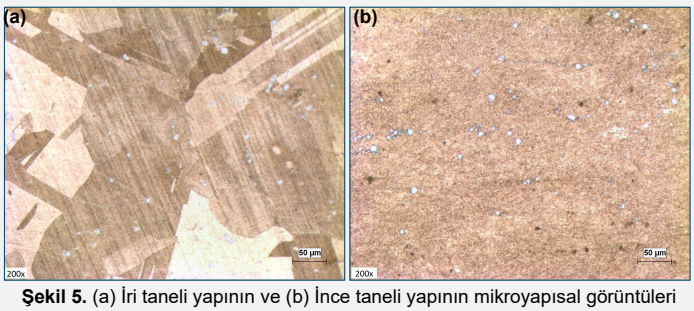
Tribolojik Testler



Şekil 4. Triboloji test cihazı

3. BULGULAR

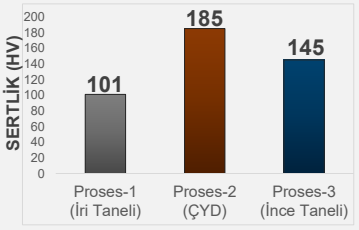
MİKROYAPISAL GÖRÜNTÜLER



Şekil 5. (a) İri taneli yapının ve (b) İnce taneli yapının mikroyapısal görüntüleri

İri taneli yapı yaklaşık olarak 200 µm tane boyutuna sahipken, ince taneli yapının 1-5 µm aralığına düştüğü belirlenmiştir.

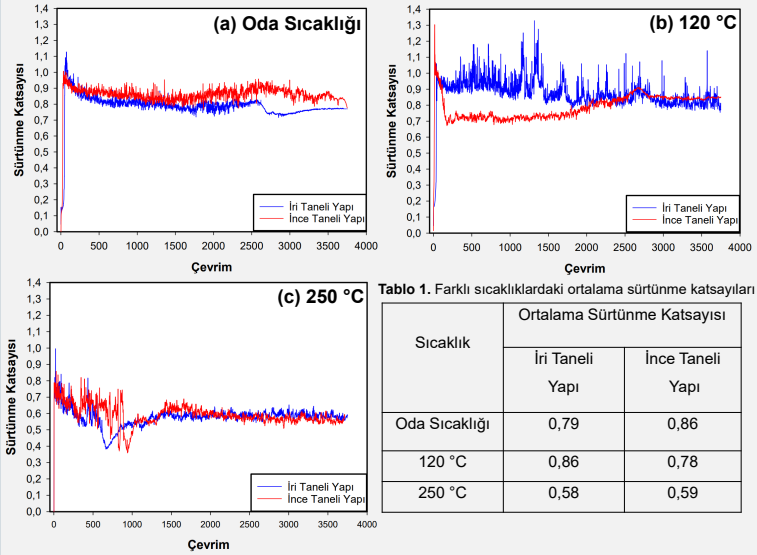
SERTLİK ANALİZİ



Şekil 6. Farklı proseslerdeki sertlik değerleri

- **Proses-1:** İri tane yapısı ve aşırı yaşlandırma nedeniyle sertlik değeri düşüktür.
- **Proses-2:** Yüksek dislokasyon yoğunluğu ve deformasyon sertleşmesiyle sertlik yükselmiştir.
- **Proses-3**: Rekristalizasyon tavı ve dislokasyon azalması sebebiyle sertlik düşmüştür ancak başlangıç durumunun üzerindedir.

SÜRTÜNME KATSAYISI DEĞİŞİMLERİ

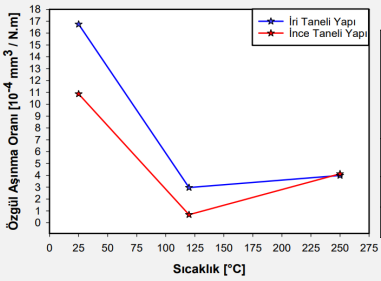


Tablo 1. Farklı sıcaklıklardaki ortalama sürtünme katsayıları

Sıcaklık	Ortalama Sürtünme Katsayısı	
	İri Taneli Yapı	İnce Taneli Yapı
Oda Sıcaklığı	0,79	0,86
120 °C	0,86	0,78
250 °C	0,58	0,59

Şekil 7. (a) Oda Sıcaklığı, (b) 120 °C, (c) 250 °C sıcaklıklarındaki sürtünme katsayısı değişimleri

ÖZGÜL AŞINMA ORANLARI



Tablo 2. Farklı sıcaklıklardaki özgül aşınma oranları

Sıcaklık	Özgül Aşınma Oranı	
	İri Taneli Yapı	İnce Taneli Yapı
Oda Sıcaklığı	16,75	10,87
120 °C	2,97	0,68
250 °C	3,99	4,13

Şekil 8. Özgül aşınma oranlarının sıcaklığa bağlı değişimi

4. SONUÇLAR

- **Oda Sıcaklığı:** İnce taneli yapı, artan sertliği sayesinde adheziv aşınmayı sınırlandırmış; iri taneli yapıya kıyasla daha düşük bir aşınma oranı ve kararlı bir sürtünme profili sergilemiştir.
- **120°C Sıcaklık Etkisi:** Yüzeyde oluşan ince ve koruyucu oksit filmi aşınmayı minimuma indirmiştir. İnce taneli yapı daha kararlı bir profil sergilemiştir.
- **250°C ve Oksidasyon:** Oksidasyon mekanizmalarının aşınma karakterini tamamen domine etmesiyle mikroyapısal farklılıkların etkisi ortadan kalkmış ve her iki yapının aşınma oranları eşitlenmiştir. Parçalanan gevrek oksit tabakası ise üç cisimli abrasiv aşınmayı tetikleyerek malzeme kaybını artırmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Coşkun, A. (2024). Çoklu Dövme Yöntemiyle Üretilen Ultra İnce Taneli CuNi2SiCr Alaşımının Elektriksel Akım Altındaki Tribolojik Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ.
2. Purcek, G., Yanar, H., ve ark., Microstructural, mechanical and tribological properties of ultrafine-grained Cu-Cr-Zr alloy processed by high pressure torsion, Journal of Alloys and Compounds, 816 (2020) 152675.

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : Karadeniz Teknik Üniversitesi (BAP03-FBB-2026-16660 nolu proje)

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

METAL NUMUNE YÜZEYLERİNİN PARLATILMASI İÇİN TİTREŞİM ESASLI VE SIVI HAZNELİ PARLATMA CİHAZI TASARIMI VE İMALATI

SAMET OK* ÖMER FARUK BAYRAM KAĞAN EMRE AVCI
*oksamet938@gmail.com
Proje Danışmanı : Prof. Dr. GENÇAĞA PÜRÇEK Doç. Dr. HARUN YANAR ; yanar@ktu.edu.tr

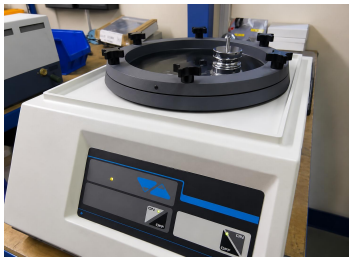
1. GİRİŞ

Malzeme biliminde malzemelerin mekanik, termal ve kimyasal davranışlarının mikroskop altında (optik mikroskopi, SEM, EBSD vb.) doğru karakterize edilebilmesi, incelenecek numunelerin yüzey kalitesine doğrudan bağlıdır. Metalografik numune hazırlama süreçlerinde zımparalama ve parlatma en kritik aşamalardır. Ancak geleneksel döner tablalı cihazlarda uygulanan insan kaynaklı dengesiz baskı kuvvetleri; numune yüzeyinde mikroskobik deformasyonlara, kenar yuvarlanmalarına ve yönlü çiziklere (artefakt) neden olarak özellikle hassas EBSD analizlerinde yanıltıcı sonuçlar doğurabilmektedir.





Bu problemlerin aşılması amacıyla, harici bir dik kuvvet uygulamadan parlatma mekanizmasını tamamen dinamik titreşimlere ve numunenin kendi ağırlığına devreden **"titreşim esaslı numune parlatma"** teknolojisi geliştirilmiştir. Bu bitirme projesi kapsamında; malzeme laboratuvarlarının ihtiyaç duyduğu yüksek kalitede metalografik numune hazırlayabilen, sıvı solüsyon ortamında çalışmaya uygun, titreşim frekansı ve genliği optimize edilmiş yerli ve özgün bir *"Titreşim Esaslı Numune Yüzey Parlatma Cihazı"* tasarlanmış, mühendislik simülasyonları gerçekleştirilmiş ve çalışan bir prototipi imal edilmiştir.

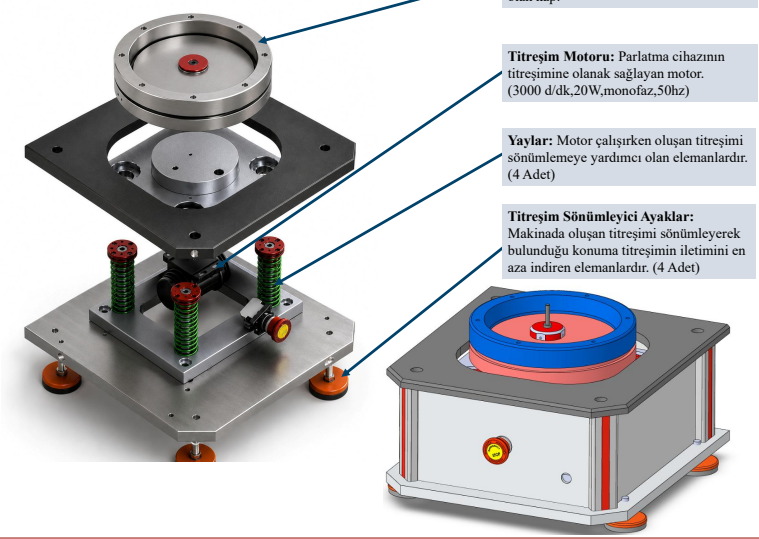




2. YÖNTEM

Cihazın titreşim davranışı ve yapısal dayanımı simülasyon analizleri ile değerlendirilerek tasarım optimize edilmiştir.
Optimize edilen tasarım doğrultusunda prototip üretimi ve montajı tamamlanmıştır.
Prototip üzerinde gerçekleştirilen testlerle sistemin çalışma performansı ve işlevselliği doğrulanmıştır.

Cihazın Render Resmi



3. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında tasarlanan titreşim esaslı numune yüzey parlatma cihazının mekanik tasarımı tamamlanmış, simülasyon analizleri gerçekleştirilmiş ve çalışan bir prototip üretilmiştir. Yapılan testlerde sistemin istenilen frekans aralığında kararlı titreşim hareketi oluşturduğu ve numunelerin hazne içerisinde homojen bir şekilde hareket ettiği gözlemlenmiştir. Hazne tasarımının sıvı solüsyon ortamında yeterli sızdırmazlık sağladığı ve çalışma sırasında herhangi bir yapısal problem oluşmadığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen cihazın metalografik numune hazırlama süreçlerinde kullanılabilecek işlevsel ve uygulanabilir bir sistem olduğunu göstermiştir.

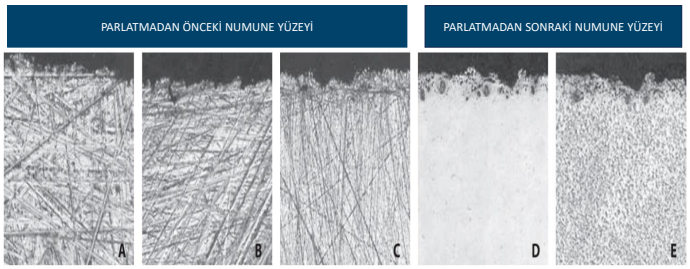


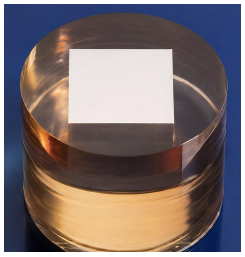
Figure 1. Edge of T15 PIM high speed steel specimen at 100x magnification after: a) 45µm; b) 15µm; c) 6µm ULTRA-PREP™ Metalbonded Diamond Discs; d) 1µm polycrystalline diamond on TRIDENT™ and e) colloidal silica on CHEMOMET®.

Malzeme Türü	Başlangıç Ra (µm)	15. Dk Ra (µm)	30. Dk Ra (µm)	60. Dk Ra (µm)	Toplam İyileşme (%)
Alüminyum (Yumuşak)	1,85	1,10	0,65	0,35	%81,0
Çelik (Sert)	1,60	1,25	0,90	0,55	%65,6

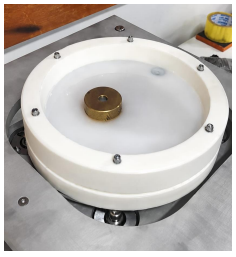
4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında titreşim esaslı numune yüzey parlatma cihazı başarıyla tasarlanmış, simülasyon analizleri gerçekleştirilmiş ve çalışan bir prototip üretilmiştir. Yapılan testler sonucunda sistemin kararlı titreşim hareketi oluşturduğu, sıvı solüsyon ortamında sorunsuz çalıştığı ve tasarlanan haznenin yeterli sızdırmazlık sağladığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, geliştirilen cihazın metalografik numune hazırlama süreçlerinde kullanılabilecek işlevsel ve yerli bir çözüm olduğunu göstermektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarla sistem performansının artırılması ve farklı malzeme türleri üzerindeki etkinliğinin değerlendirilmesi planlanmaktadır.

Performans Kriteri	Geleneksel Endüstriyel Cihazlar	Tasarlanan Titreşim Cihazı	Sağlanan İyileşme
Nominal Güç Tüketimi	250 W - 1500 W	20 W	~ %90+ Tasarruf
Ortalama Gürültü Seviyesi	80 dB - 95 dB	< 70 dB	Laboratuvar Sınırlarına Uygun
Üretim Maliyetleri	1.000.000 TL	15.000 TL	Rakip firmalara göre oldukça düşük bir fiyata cihazı üretebilme







5. KAYNAKLAR

1. S. S. Rao, *Mechanical Vibrations*, 6th ed. Boston, MA: Pearson Education, 2017.
2. D. J. Inman, *Engineering Vibration*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson,2014.
3. S. Kalpakjian and S. Schmid, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, 6th ed. Boston, MA: Pearson, 2014.

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : Bu proje TÜBİTAK 2209-B projesi desteği kapsamında gerçekleştirilmiştir. UTS Yazılım Mühendislik-Trabzon firmasından destek alınmıştır.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ MM 4006 BİTİRME PROJESİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

YAY KATSAYISI BELİRLEME CİHAZI TASARIMI VE İMALATI

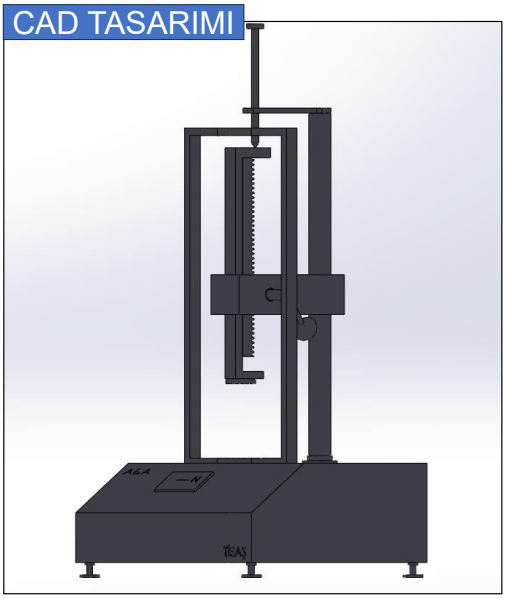
Abdullah TEPE *, Abdulkadir GÜNEŞ *abdullahtepe06@gmail.com
Proje Danışmanları : Prof. Dr. Gençağa PÜRÇEK; purçek@ktu.edu.tr
Doç. Dr. Harun YANAR; yanar@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Mühendislik sistemlerinde ve özellikle hafif silah sanayiinde kritik işlevlere sahip olan basma yaylarının (geri tepme yayları, iğne yayları vb.) mekanik davranışları, sistemin çalışma güvenilirliği açısından hayati öneme sahiptir. Bir yayın elastik bölgede üzerine uygulanan kuvvete gösterdiği tepki, Hooke Yasası F=k.x ile ifade edilmektedir.
F: Yaya uygulanan kuvvet, (Newton)
k: Yay katsayısı, (Newton/metre)
x: Yayın uzama miktarı (metre)

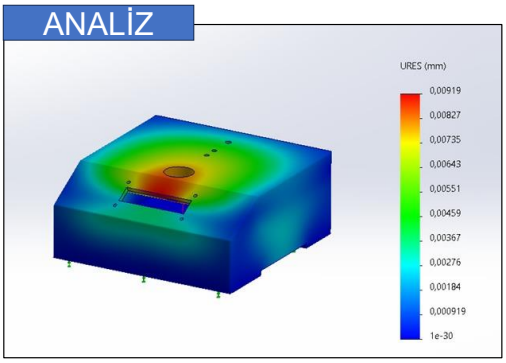
2. YÖNTEM

CAD TASARIMI



Şekil 1. Yay katsayısı ölçüm cihazı tasarımının CAD çizimi

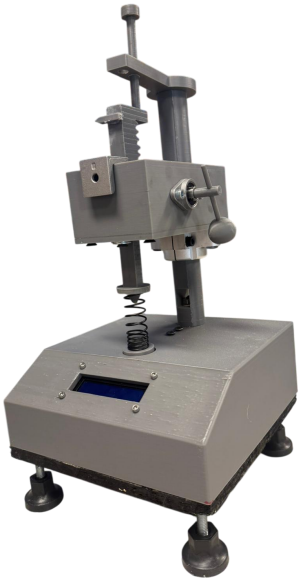
ANALİZ



Şekil 2. Ana gövdenin yapısal analizi

Şekil 2'de verilmiş olan görselde bilgisayar ortamında gerçekleştirilen statik yükleme analizi sonucunda hedeflenen maksimum yük altında gövdedeki en yüksek yer değiştirme değerinin ~0.009 mm seviyesinde kalarak tasarım rijitliğinin doğrulandığı görülmektedir. Elde edilen bu düşük esneme değeri, tasarlanan geometrinin hassas yay ölçümü için gerekli mekanik rijitliği sağladığını teorik olarak kanıtlamaktadır.

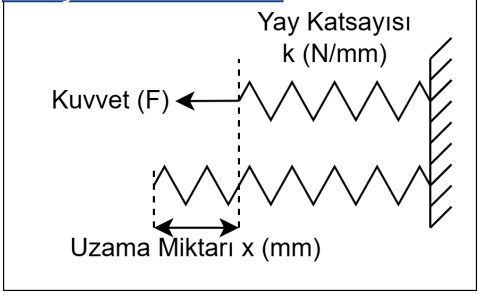
İMALAT



Şekil 3. Yay katsayısı ölçüm cihazı imalatı

3D baskı teknolojisi ile üretilen sistem, manuel çevirme kolu ve dişli mekanizması ile yaya kademeli yük uygular. Gövdeye entegre edilmiş Arduino ve LCD ekran sayesinde, yük hücresi ve mesafe sensöründen alınan veriler anlık olarak işlenerek yayın katsayısı ekrana yansıtılır. Bu prototip, teorik algoritmaların fiziksel ortamda başarıyla çalıştığını ve yerli, taşınabilir bir yay test cihazı konseptinin konsept doğrulamasını sağladığını kanıtlamaktadır.

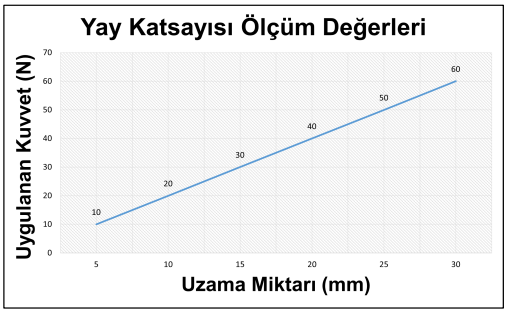
ÖLÇÜM METODU



Şekil 4. Yay katsayısı ölçüm metodu

Yay Katsayısı Ölçme Yöntemi şu şekilde uygulanmıştır:
Sağ taraftaki duvara sabitlenmiş bir yaya, sağa doğru eksenel bir çekme kuvveti (F) uygulanmaktadır.
Yayın kuvvet uygulanmadan önceki serbest boyu (L_0) ile kuvvet uygulandıktan sonraki son boyu (L_s) arasındaki fark, yayın uzama miktarını, yani x'i temsil eder. ($x = L_s - L_0$)
Hooke Yasası'na göre, yay elastik sınırları içerisinde kaldığı sürece, uygulanan çekme veya basma kuvveti, yayın uzama veya sıkışma miktarı ile doğru orantılıdır
$F = k.x$

3. BULGULAR



Şekil 5. Yay katsayısı ölçüm grafiği

Grafiğin eğimi, yayın katsayısını vermektedir. Elde edilen veriler incelendiğinde, kuvvet ile uzama arasındaki lineer artışta herhangi bir sapma veya değişim olmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, söz konusu yayın elastik bölge sınırları içerisinde kaldığını ve kalıcı bir deformasyona uğramadan test sürecinin başarıyla gerçekleştirildiğini göstermektedir.

4. SONUÇLAR



Şekil 6. Yay katsayısı ölçüm test sonucu

Dijital ve Otonom Ölçüm: Arduino ve yük hücresi entegrasyonu sayesinde manuel hesaplama hataları giderilmiş, test süreci hızlandırılmıştır.
Doğrulama: Sensörlerden alınan veriler, incelenen yayların Hooke Yasası'na tam uyum göstererek kusursuz bir lineer (doğrusal) elastik davranış sergilediğini kanıtlamıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2015). *Mechanics of Materials*. McGraw-Hill.
2. Akkurt, M., "Makine Elemanları", Birsen Yayınevi, İstanbul, 441-502 (1984).
3. Norton, R. L. (2020). *Machine Design: An Integrated Approach* (6th ed.). Pearson.
4. ISO 7500-1:2018 – *Metallic materials - Verification and calibration of force-measuring systems*
5. Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (9th ed.). Wiley.

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : Trabzon Silah Sanayi A.Ş. (TİSAŞ)

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

YENİ TİP SPLİT HOPKİNSON TESTİ

Proje Yürütücüleri: Mehmet YALÇIN , Mert Doğukan AYDIN
Proje Sorumlusu E-Posta Adresi: Mehmet8yalcin@gmail.com
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Hasan GEDİKLİ
Proje Danışmanı E-Posta Adresi: hgedikli@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Malzemelerin yüksek şekil değiştirme hızlarındaki (10^2-10^4 s^{-1}) gerilme-şekil değiştirme davranışının belirlenmesi; savunma, havacılık ve otomotiv sektörlerindeki dinamik sayısal analizlerde çok önemlidir. Bunun için literatürde geleneksel Split Hopkinson Basınç Çubuğu (SHPB) sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada da yerli patenti alınan ve uluslararası patente başvurulan yeni bir tip Split-Hopkinson test sistemi tasarımı gerçekleştirilmiş ve test sonuçları verilmiştir.

2. YÖNTEM

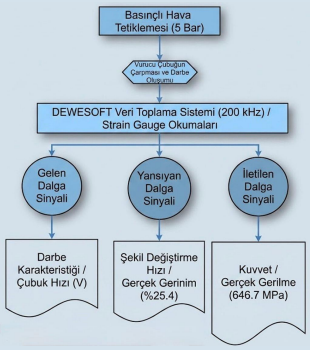
Yeni test sisteminde bütün çubuklar tek bir honlanmış çelik boruya yataklarla merkezlenmiştir. İlke aşamada Titanyum alaşımlı (Ti6Al4V Grade 5) çubuklar kullanılmıştır. Testlerde 10mm çapında 5mm yüksekliğinde saf bakır numuneler kullanılmıştır.

Geliştirilen sistem aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:
Kılavuz Namlu: 63 mm iç çapında 5.5 m uzunluğunda honlanmış çelik boru.
Deney Çubukları: Elastik dalgaları numuneye kusursuz ileten, 19 mm çapında 1.8 m uzunluğunda giriş ve çıkış çubukları. Vurucu çubuk aynı malzeme ve çapta 400 mm uzunluğunda. Momentum tuzağı için 19mm çapında aynı malzemeden 660 mm uzunluğunda çubuk kullanılmıştır.
Yataklama Elemanları: Çubukların namlu içinde sürtünmesiz hareketini sağlayan giriş-çıkış çubuğunda 3 er adet, momentum tuzak çubuğunda 2 adet olmak üzere toplamda 8 adet teflon malzemesinden yapılmış yataklar kullanılmıştır.
Tahrik Sistemi: 400mm uzunluğundaki vurucu çubuk 850mm uzunluğundaki boruda hızlandırılmaktadır. Boru basıncı nemi alınmış havalı kompresörden 40 bar a kadar ayarlanmaktadır.



Şekil 1. Yeni Tip SPHB Test Düzeneği Genel Görünümü

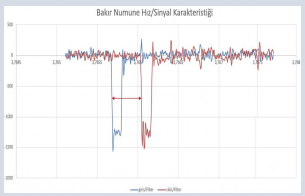
Tasarlanan yeni tip SHPB sisteminde bakır numune 5 bar fırlatma basıncı altında dinamik basma testine tabi tutulmuştur. Testte giriş-çıkış çubuğundaki şekil değiştirmeler şekil değiştirme ölçerleri (merkezde) tarafından gerçekleştirilmiştir. Şekil değiştirme ölçerlerinde veriler 200 kS/s hızları için Dewesoft veri toplama sisteminden okunmuştur.



Şekil 2. SPHB Veri İşleme ve Akış Analizi

3. BULGULAR

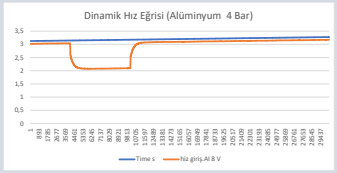
TEST 1: Titanyum alaşımı için dalga hızı belirleme:
İlk testler ile numunesiz temas halindeki çubuklara atış testi ile gerçekleştirildi. Giriş çıkış çubuğunda dalganın hareket grafiği.



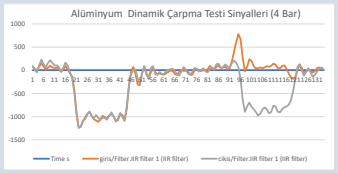
Şekil 3. Deneysel elastik dalga hızı grafiği

DALGA YAYILIM HIZI HESABI
Sistemin kalibrasyonu ve titanyum çubuklardaki elastik dalga hızı, iki ölçüm noktası (x) arasındaki zaman gecikmesi (t) üzerinden doğrulanmıştır:
Mesafe (x): 1.8 m
Zaman Farkı (t): 0.000365 s
Sonuç: Hesaplanan hız, titanyumun literatür değeri (~5000 m/s) ile **%98.6** uyumludur; veri toplama sisteminin hassasiyetini kanıtlamaktadır.
V = x / t = 1.8 / 0.000365 ≈ 4931 m/s

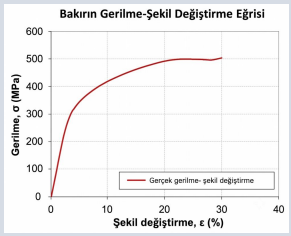
TEST 2: Bakır çubuklara test bulgusu:



Şekil 4. Vurucu çubuk hız grafiği



Şekil 5. Bakır numune için giriş-çıkış çubuğundaki elastik dalgalar



Şekil 6. Gerilme-şekil değiştirme grafiği

Gerçekleştirilen analizler neticesinde, malzemenin ulaştığı maksimum gerçek gerilme değeri yaklaşık 646.7 MPa olarak belirlenirken; bu esnada numune üzerinde meydana gelen maksimum gerçek gerinim (deformasyon) değerinin %25.4 (0.254) seviyelerine ulaştığı tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Özgün bir mühendislik tasarımıyla geliştirilen SPHB cihazının analizleri sonucunda aşağıdaki çıktılar elde edilmiştir:

Tam Eksenel Hizalama: Titanyum çubukların honlanmış boru içerisine teflon yataklarla merkezlenmesiyle eksenel kaçıklıklar önlenmiş ve klasik sistemlerdeki sinyal gürültüsü sorunu çözülmüştür.
Darbe Sönümleme Başarısı: Amortisör tabanlı *momentum trap* düzeneği, geri tepme enerjisini yutarak numunede oluşabilecek istenmeyen ikincil deformasyonları başarıyla engellemiştir.
Malzeme Karakterizasyonu: Bakır numune ile yapılan testlerde, malzemelerin statik duruma kıyasla çok daha yüksek bir dinamik dayanım (646.7 MPa) gösterdiği doğrulanmıştır.
Sektörel ve Akademik Katkı: Tasarlanan rijit ve modüler sistem; savunma ve havacılık sanayisindeki dinamik deformasyon testleri için uygun maliyetli, yüksek hassasiyetli yerli bir çözüm sunmaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. Couque, H., & Walker, J. D. (1994). Yüksek gerinim hızlarında bakır ve çeliklerin SHPB ile incelenmesi. Journal of Dynamic Behavior of Materials
2. .Khan, et al. (2023). Çekme SHPB test cihazı tasarımı ve kalibrasyonu. Experimental Mechanics.
3. Frew, D. J., et al. (2005). SHPB testlerinde çift darbe şekillendirici kullanımı. International Journal of Impact Engineering.
4. Hernandez, et al. (2023). Yüksek gerinim hızlarındaki dinamik mekanik davranışın tersine çözüm algoritması ile tespiti. Materials Science.

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : TÜBİTAK 2209-A – (Üniversite Öğrencileri Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Desteği Programı) tarafından desteklenmektedir. BAP 09 Lisans Öğrenci projesine başvurulmuştur. Patent No: 2023/006690

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

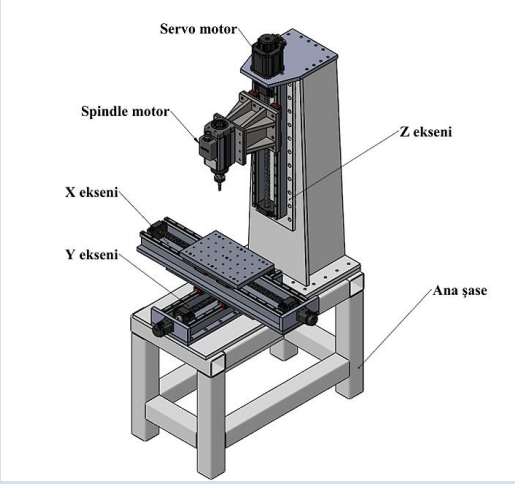
MASAÜSTÜ CNC İMALATI VE FARKLI PARÇALARIN İŞLENMESİ

ÖĞRENCİ 1. Erdem YILDIZ , ÖĞRENCİ 2. Baran GÜLER, ÖĞRENCİ 3. Mustafa Kaan ÖZDEMİR
Erdem YILDIZ : 416259@ogr.ktu.edu.tr
Proje Danışmanları : Prof. Dr. Hasan GEDİKLİ ; hgedikli@ktu.edu.tr
Prof. Dr. Ömer Necati CORA ; oncora@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Bilgisayarlı sayısal kontrol sistemleri, modern imalat süreçlerinde hassas, tekrarlanabilir ve hızlı üretim imkânı sunmaktadır. Ancak endüstriyel CNC tezgâhlarının yüksek maliyetli olması, üniversite laboratuvarları ve küçük ölçekli atölyeler için önemli bir erişim problemi oluşturmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, eğitim ve prototipleme faaliyetlerinde kullanılabilecek, düşük maliyetli, modüler ve yerli imkânlarla üretilebilir bir masaüstü CNC freze tezgâhı tasarlanmıştır. Projenin temel hedefi, 3 eksenli temel yapıda çalışabilen ve ilerleyen aşamalarda 4. ve 5. eksen eklenmesine uygun bir sistem geliştirmektir.



Şekil 1. SolidWorks ortamında tasarlanan 3 eksenli masaüstü CNC freze prototipinin genel görünümü.

2. YÖNTEM

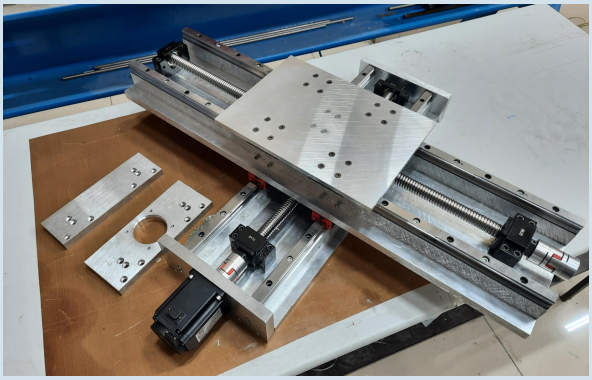
Çalışmada öncelikle masaüstü CNC freze tezgâhının mekanik yapısı SolidWorks ortamında modellenmiştir. Gövde, X-Y-Z eksen grupları, tabla, lineer kızaklar, vidalı miller, motor bağlantıları ve taşıyıcı parçalar montaj kolaylığı ve rijitlik dikkate alınarak tasarlanmıştır.
Sistem, temel olarak 3 eksenli çalışacak şekilde kurgulanmış; ancak tabla üzerine eklenebilecek modüler döner tabla ünitesi ile 5 eksenli işleme kabiliyetine yükseltilebilir bir yapı hedeflenmiştir.



Şekil 2. Proje akış şematiği

3. BULGULAR

CNC freze tezgâhının mekanik tasarımı tamamlanmış ve sistem 3 eksenli çalışmaya uygun şekilde modellenmiştir.
Tedarik gecikmeleri nedeniyle fiziksel kurulum X ve Y eksenleri ile sınırlı kalmıştır. Z ekseni, iş mili grubu ve modüler döner tabla testleri proje süresi içinde tamamlanamamıştır.
X ve Y eksen bağlantıları, tasarlanan mekanik yerleşimin uygulanabilir olduğunu göstermiştir.



Şekil 3. X ve Y eksenlerinin montajı

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında düşük maliyetli, modüler ve yerli imkânlarla üretilebilir bir masaüstü CNC freze tezgâhı tasarlanmıştır.
Mekanik tasarım, eksen yerleşimleri, kontrol sistemi seçimi ve temel işleme hesaplamaları tamamlanmıştır. Tedarik sorunları nedeniyle fiziksel kurulum X ve Y eksenleri ile sınırlı kalmıştır.
Elde edilen sonuçlar, tasarlanan sistemin geliştirilebilir bir CNC altyapısı sunduğunu göstermektedir. Gelecek çalışmalarda Z ekseni ve iş mili grubu tamamlanarak G-kodu ile işleme testlerinin yapılması önerilmektedir.

Tablo 1. Yapılanlar sonucu oluşturulan tablo

Mekanik tasarım	Tamamlandı	**Modüler döner tabla**	Tasarım aşamasında değerlendirildi
X ekseni bağlantısı	Tamamlandı	**G-kodu ile işleme testi**	Tüm eksenler tamamlanmadığı için yapılamadı
Y ekseni bağlantısı	Tamamlandı	**Motor Senkronları**	Tamamlandı
Z ekseni bağlantısı	Tedarik nedeniyle tamamlanamadı	**Kart ve CAD arası bağlantı**	Mach 3- Fusion 360 ile bağlandı
İş mili grubu	Uygulamalı test yapılamadı	**Motor kart bağlantıları**	Tamamlandı

5. KAYNAKLAR

1. Basunia Nouman, M. W., Shahriar, A., Anik, A. A., & Rahman, M. S. (2025). Design and Construction of a low-cost Mini CNC Machine. BAUST Journal, 4(1), 1-7.
2. Suryawanshi, A. T., Sudhakar, D. S. S., & Patil, B. T. (2020). Low cost and open source software-based CNC router for machining contours. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 872, 012084. doi:10.1088/1757 899X/872/1/012084
3. Ceylan, O., & Kabul, A. (2024). Beş Eksen CNC Sıcak Tel Strafor Kesim Makinesi İmalatı. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 8(1), 20-31.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MM 4006 BİTİRME PROJESİ

Sandviç Yapılarda Eklemeli İmalat Destekli Özelleştirilebilir Core Desenlerinin Fonksiyonel Tasarımı Ve 5. Nesil Uçaklara Uygulanması

Samet AKAR*, Kutay EREN, Nurullah CANBOLAT, İsmet ÖZTÜRK

* : sametakar819@gmail.com

Proje Danışmanı : Prof. Dr. HASAN GEDİKLİ, hgedikli@ktu.edu.tr | Prof. Dr. ÖMER NECATİ CORA, oncora@ktu.edu.tr

Sanayi Danışmanı : YAKUP SEÇKİN KOÇ

T.C. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği

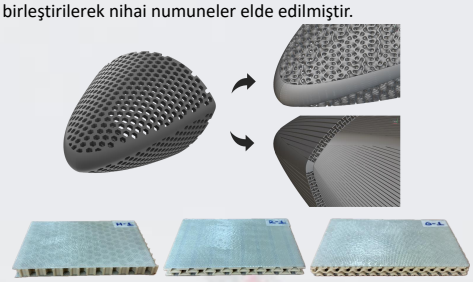
1. GİRİŞ

5. nesil hava araçlarının radomları gibi çift eğrilikli, karmaşık yüzeylerde geleneksel petek çekirdekler yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada CATIA V5 ve nTopology ile özelleştirilebilir çekirdek desenleri tasarlanmış ve eklemeli imalatla üretilmiştir. Geliştirilen sandviç yapılar düşük/yüksek hızlı darbe, titreşim ve kuş çarpması (bird strike) yükleri altında incelenmiş; çekme testlerinden elde edilen gerilme–şekil değiştirme verileri LS-DYNA ve Ansys Mechanical modellerine aktarılarak sayısal analizler deneysel sonuçlarla başarıyla doğrulanmıştır.

2. YÖNTEM

A. Sandviç Plakalar ile Radomun Tasarım ve İmalatı

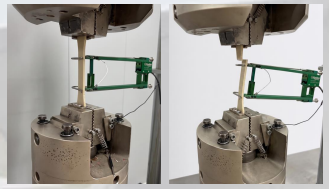
Radom tasarımları ve test numuneleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Cam elyaf takviyeli kompozit yüzeyler, el yatırmasıyla $[(45/-45)/(0/90)]_s$ diziliminde ve 1 mm kalınlığında üretilmiştir. Çekirdekler ise eklemeli imalatla 10 mm kalınlığında PLA'dan reentrant, gyroid ve honeycomb desenlerinde üretilmiştir. Bileşenler epoksi reçineyle birleştirilerek nihai numuneler elde edilmiştir.



Şekil 1. Radom tasarımları ve üretilen sandviç yapılar

B. Çekme Testi

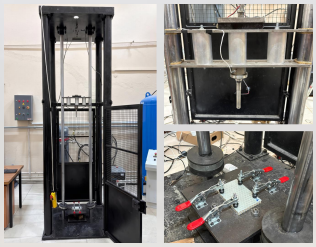
FDM üretimi kaynaklı iç boşlukların ve yöne bağlı mekanik özelliklerin analizlere yansıtılabilmesi amacıyla, ASTM D638 Tip 1 standardına uygun tek eksenli çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler 5 mm/dk çekme hızıyla yürütülmüş; XY, XZ ve ZX düzlemlerinin her birinden 7'şer adet olmak üzere toplam 21 numune test edilmiştir.



Şekil 2. Çekme deneyi kurulumu ve numunenin hasar anı.

C. Düşük Hızlı Darbe Testi

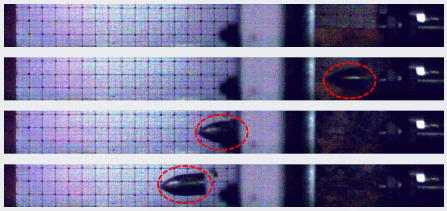
Test düzeneği Şekil 3'te sunulan düşük hızlı darbe testleri, ASTM D7136 standardına uygun olarak 100x150 mm boyutlarındaki sandviç plakalar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler; 16.8 J, 67.1 J ve 134.2 J enerji seviyelerinde ikişer tekrarla uygulanmıştır.



Şekil 3. Düşük Hızlı Darbe Test Düzeneği.

D. Yüksek Hızlı Darbe Testi

KTÜ bünyesindeki gaz tabancası düzeneğiyle gerçekleştirilen yüksek hızlı darbe testlerinde mermi, bir sabot içerisinde 85 m/s hızla hedefe fırlatılmıştır. İki plaka arasına sabitlenen numunelere darbe anı ve merminin ilerleyişi yüksek hızlı kamera ile kaydedilerek Şekil 4'te sunulmuştur



Şekil 4. Yüksek hızlı darbe testinde kaydedilen mermi görüntüleri.

E. Darbe Çekiç Testi

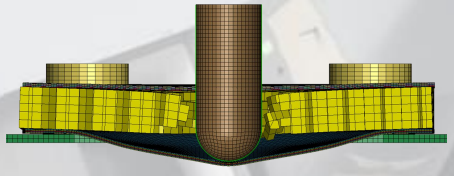
Serbest asılan 100x150 mm plakalara 30 noktadan darbe çekiciyle (PCB 086C03) uyartım verilmiş, yanıtlar ivmeölçerle (PCB 357B11) kaydedilerek doğal frekans, sönüm oranı ve mod şekilleri belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Darbe Çekiç Test Düzeneği

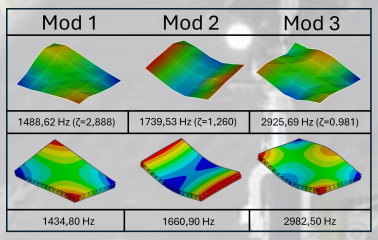
F. Sayısal Modelleme

LS-DYNA ortamında gerçekleştirilen sayısal analizlerde vurucu ve tutucular MAT_020_RIGID, kompozit yüzeyler ise MAT_058_LAMINATED_COMPOSITE_FABRIC kartları ile tanımlanmıştır. Arayüz etkileşimleri çekirdek ile kompozit bağlantısı AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE_TIEBREAK, vurucu ile sandviç yapı teması ise ERODING_SURFACE_TO_SURFACE algoritmaları kullanılarak modellenmiştir.

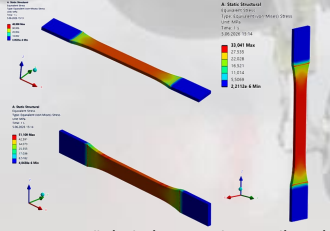


Şekil 6. Analiz hasar görseli

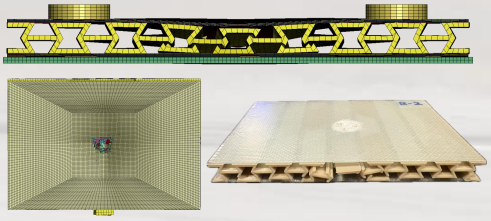
3. BULGULAR



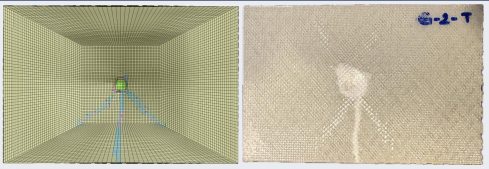
Şekil 7. Darbe çekiç testinin deneysel ve sayısal karşılaştırılması



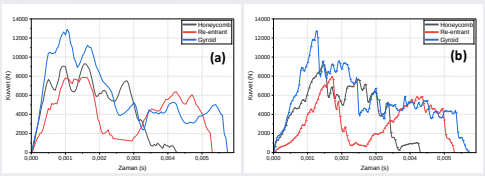
Şekil 8. XY, XZ ve ZX yönlerinde von-Mises gerilme dağılımları



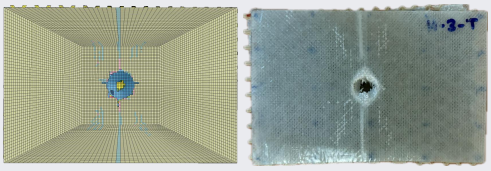
Şekil 9. 67.1 J darbe enerjisi seviyesinde Re-entrant yapılı sandviç panelin sayısal ve deneysel hasar görünümleri



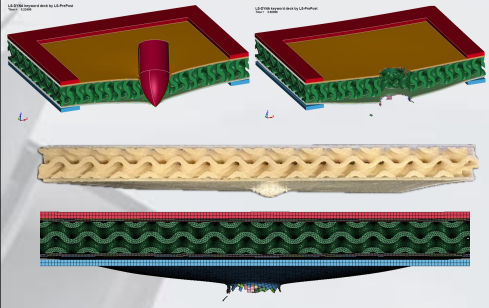
Şekil 10. 67.1 J darbe enerjisi seviyesinde Gyroid yapılı sandviç panelin hasar görünümleri



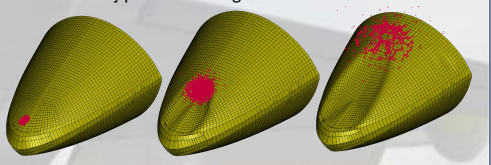
Şekil 11. 134.2J Yüksek Darbe Enerjisinde Kuvvet-Zaman Eğrileri: **(a)** Deneysel Test ve **(b)** Sayısal Analiz Karşılaştırması



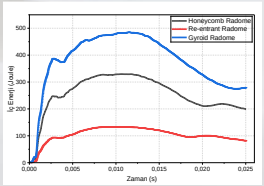
Şekil 12. 134.2 J darbe enerjisinde honeycomb yapılı sandviç panelin hasar görünümleri



Şekil 13. Gaz Tabancası Testi, Gyroid çekirdekli sandviç panelin hasar görünümleri



Şekil 14. Radom yapısına gerçekleştirilen kuş çarpması analizi.



Şekil 15. Kuş çarpması sayısal analizi sonucunda çift radom yapılarının iç enerji-zaman eğrileri.

4. SONUÇLAR

Farklı çekirdek desenlerine sahip sandviç yapıların darbe davranışı sayısal ve deneysel olarak incelenmiştir. Hem düz plaka hem de karmaşık radom geometrilerinde Gyroid deseni; yüksek darbe direnci, üstün enerji sönümleme ve yapısal bütünlüğünü koruma kabiliyetiyle en iyi performansı göstermiştir. Elde edilen bulgular, havacılıkta çift eğrilikli radom sistemlerinin tasarımı ve optimizasyonu için sağlam bir temel oluşturmaktadır.

5. KAYNAKÇA

1. Koç, Y. S., Mechanical performance analysis of 3D printed hierarchical honeycomb structures in aerospace applications, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2024.

Destekleyen kurum/kuruluş/firma: Bu çalışma TUSAŞ LIFT-UP Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Projeleri ve TÜBİTAK 2209-B (1139B412504536) Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Desteği kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MM 4006 BİTİRME PROJESİ

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

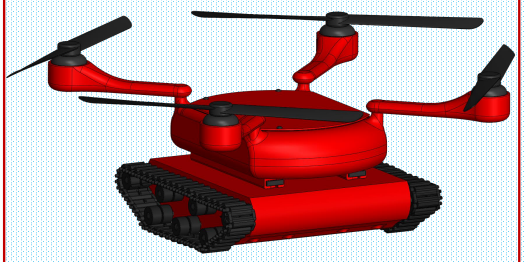
HİBRİT AFET KEŞİF ARACI: TASARIM VE İMALATI

Emirhan YAZICIOĞLU (422231)*, Nevinnur TUFAN (413008) , Kübra ÜNAL (412944)
* : emirhanyazicioglu@outlook.com.tr
Proje Danışmanı : Doç.Dr.Hüccet KAHRAMANZADE; h.kahramanzade@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Afet sahalarındaki karmaşık ve değişken koşullar, yalnızca tek bir ortamda hareket edebilen mevcut sistemlerin operasyonel başarılarını kısıtlamaktadır. Bu sınırlandırmayı aşmak amacıyla projemizde;

- **Hibrit Hareket:** Karada paletli yürüyüş, havada döner kanatlı itki ve su yüzeyinde yüzer gövde prensiplerini birleştiren üç ortamlı araç modellenmiştir.
- **Kavramsal Maket:** Tasarımın geometrik uyumluluğunu doğrulamak amacıyla katmanlı imalat (3B baskı - PLA/Reçine) ile fiziksel model üretilmiştir.
- **Modüler Yapı:** İlerleyen süreçte eklenecek donanımların korunması için sızdırmazlık elemanlarına sahip, çift bölmeli gövde altyapısı geliştirilmiştir.
- **Hacimsel Entegrasyon:** Gövdenin; kamera, gaz, sıcaklık sensörleri ve GPS modülünü çakışma olmadan muhafaza edebileceği maket üzerinde doğrulanmıştır.



Şekil 1. Üç Ortamlı Hibrit Keşif Aracının Genel Görünüşü

2. YÖNTEM

2.1. Tasarım ve Modüler Yapı

- **CAD Tasarımı:** Aracın kara, hava ve su rejimlerine uygun temel geometrisi SolidWorks ortamında modellenmiştir.
- **İzolasyon ve Yüzebilirlik:** Elektronik bileşenlerin sıvı temasından korunması amacıyla çift bölmeli, modüler ve tam sızdırmazlık sağlayan gövde yapısı geliştirilmiştir.



Şekil 2. Aracın hava-kara ve hava-su üstü modlarına ait kavramsal CAD tasarımları

2.2. Mühendislik Hesaplamaları

Sistem tahrik gereksinimleri aşağıdaki temel denklemler kullanılarak analitik olarak hesaplanmış ve elde edilen parametre seçimleri Tablo 1'de özetlenmiştir:

- Drone Asılı Kalma Kuvveti:

$$F_{hover} \geq \frac{(m_T) \times g}{z}$$

- Palet Sistemi Toplam Direnç:

$$F_{Toplam} = F_{yuv} + F_{eğim} + F_{ivme}$$

- Gerekli Motor Momenti:

$$T_{Motor} = \frac{F_{net} \times r_{Cer}}{2}$$

Tablo 1. Sistem Tasarım Parametreleri

Modül	Seçilen Bileşen / Değer	Mühendislik Sınırı ve Gerekçesi
Drone İtki (3.5 kg)	6S - 340 KV Fırçasız Motor	Asılı kalma (hover) için motor başı ≥ 9N kuvvet, %80 verim
Palet Tahrik (6 kg)	Redüktörlü DC Motor	45° rampa eğiminde motor başı 0.42 Nm moment sınırı
İvmelenme	1.5 saniye sürede kalkış	Enkaz şartlarında dengeli hızlanma ve palet patinajını önleme

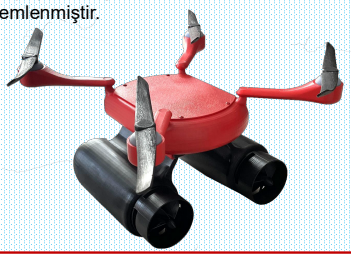
3. BULGULAR

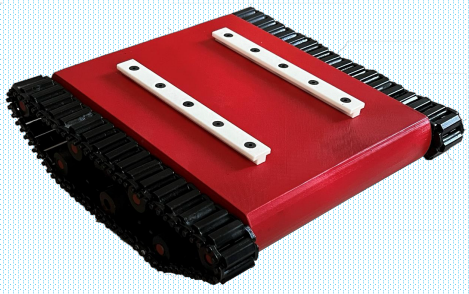
3.1. Teorik Doğrulama

- **Hava ve Kara Rejimi:** 3,5 kg'lık sistemin havada asılı kalması için gereken itki (motor başı 9 N) ile 45° eğimde karada ilerlemesi için gereken moment (motor başı 0,42 Nm) gereksinimleri analitik hesaplamalarla kanıtlanmıştır.

3.2. Fiziksel ve Hacimsel Uyum

- **Üretim ve Montaj Toleransları:** 3B baskı yöntemiyle (PLA ve Reçine) üretilen gövde parçalarının fiziksel birleştirilmesinde, SolidWorks 2020 ortamındaki ölçü ve toleransların gerçek modelle birebir eşleştiği teyit edilmiştir.
- **Hacimsel Yeterlilik:** Çift bölmeli modüler yapının iç hacminin; ilerleyen aşamalarda kullanılacak batarya, mikrodenetleyici ve çevresel sensörlerin katalog boyutlarını (fiziksel çakışma olmadan) karşılayacak ölçülere sahip olduğu doğrulanmıştır.
- **Yapısal Bütünlük:** Tank palet sistemindeki yürütme tekerleri, yataklar ve gövde bağlantılarının mekanik montaj uyumluluğu statik maket üzerinde gözlemlenmiştir.





Şekil 3. Üretimi Tamamlanan Tank Palet Mekanizması

4. SONUÇLAR

- **Tasarım:** Karada, havada ve suda çalışabilen üç ortamlı hibrit keşif aracının modüler tasarımı başarıyla tamamlanmıştır.
- **Analitik Doğrulama:** Aracın dikey kalkış (9 N itki) ve 45° eğim tırmanma (0,694 Nm moment) gereksinimleri teorik olarak kanıtlanmıştır.
- **Hacimsel Uyum:** 3B baskı ile üretilen maket üzerinde; çift bölmeli yalıtımlı mimarinin, tüm elektronik bileşenleri çakışma olmadan barındırabileceği fiziksel olarak ispatlanmıştır.
- **Genel Değerlendirme:** Sistem, afet yönetimindeki arama-kurtarma operasyonları için üretilebilir ve yüksek potansiyele sahip bir kavramsal altyapı sunmaktadır.



Şekil 4. İmalatı ve montajı tamamlanmış hibrit keşif aracının fiziksel maketi

5. KAYNAKLAR

•Yao, G. vd. (2023). Review of hybrid aquatic-aerial vehicle (HAAV). *Progress in Aerospace Sciences*, 139, 100741.
•Cui, W. vd. (2019). An Overview on Aquatic Unmanned Aerial Vehicles (AquaUAVs). *Westlake University*.
•Baines, P. vd. (2021). Amphibious Robotic Propulsive Mechanisms: Current Technologies and Open Challenges. *Yale University*.
• Vurur, T. (2025). Paletli zırhlı araçlarda kullanılan portör tekerinin dizayn optimizasyonu [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi].

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A projeleri desteği kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MM 4006 BİTİRME PROJESİ DOĞADAN ESİNLENİLEREK DELTA KANAT TASARIMI ve AERODİNAMİK KARAKTERİSTİĞİNİN İNCELENMESİ

T.C. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

Mehmet Ali DÜZDAŞ*, Ramazan ŞAHİN, İsmail Ferhat AKDOĞAN
*402464@ogr.ktu.edu.tr
Proje Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet SEYHAN; mehmetseyhan@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Amaç
- Biyomimetik tasarımla geliştirilmiş dar olmayan (non-slender) delta kanatlardaki hücum ve firar kenarı modifikasyonlarının aerodinamik etkilerini deneysel olarak incelemektir.

Tasarım
- Hücum kenarı için kambur balina yüzgeci yumruları ve baykuş kanadı tırtıklarından; firar kenarı için ise yarasa kanadı ile baykuş ve gökdoğan kuyruk geometrilerinden esinlenilmiştir.

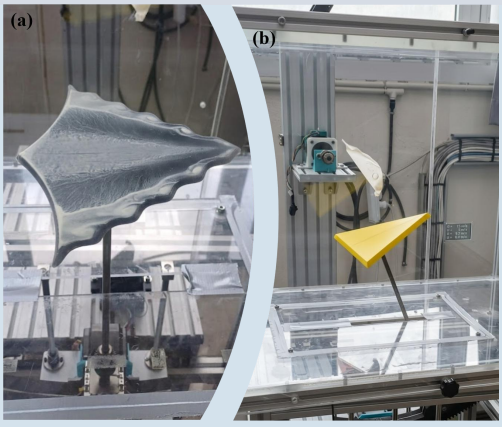
Yöntem
- SolidWorks'te tasarlanan 7 farklı kanat modeli 3 boyutlu yazıcıyla üretilmiştir.
- Aerodinamik karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla rüzgâr tünelinde kuvvet ölçümü ve yüzey yağ akış deneyleri yapılmıştır.



Şekil 1. Birbirinden farklı 7 adet delta kanadı konfigürasyonu

2. YÖNTEM

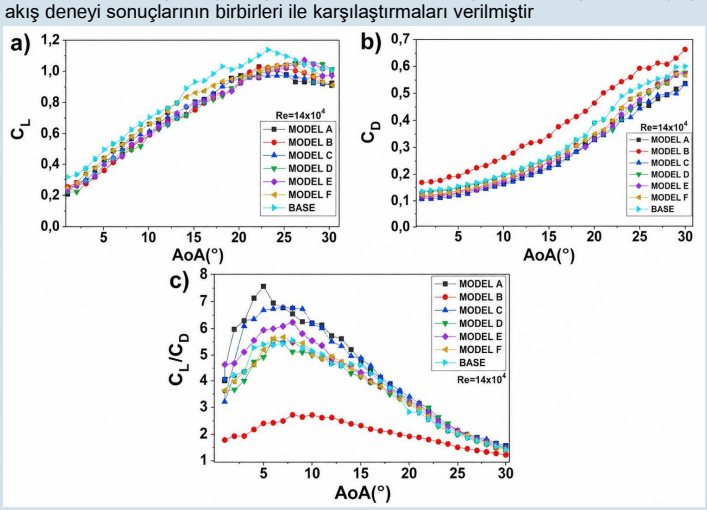
Hazırlanan delta kanatlar, görseldeki gibi rüzgâr tüneline bağlanarak alt kısımdaki sensörler vasıtasıyla taşıma ve sürüklenme katsayısı verileri elde edilmiştir. Kuvvet ölçüm deneylerinde en iyi aerodinamik karakteristiği gösteren iki model ile referans model siyah renge boyanmış; kanat üzerindeki akış yapısını somut olarak incelemek amacıyla bu üç modele yüzey yağ akış deneyi uygulanmıştır.



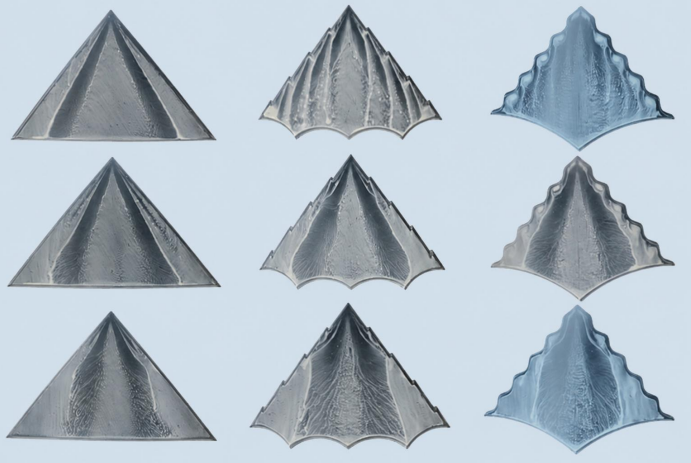
Şekil 2. (a) Yağ akış deney ve (b) kuvvet ölçüm deney düzeneği

3. BULGULAR

Grafikler, deney sonuçlarına göre taşıma (C_L), sürüklenme (C_D) katsayılarını ve aerodinamik verimlilik (C_L/C_D) oranlarını göstermektedir. Taşıma katsayısı grafiğine bakıldığı zaman belirli hücum açısı değerlerinden sonra düşüşlerin olduğu görülmektedir. Bunun anlamı kanatların o bölgede *tutunma kaybına (stall/perdövites)* uğramaya başlamalarıdır. Bir sonraki şekilde ise üç kanadın yağ akış deneyi sonuçlarının birbirleri ile karşılaştırmaları verilmiştir



Şekil 3. (a) C_L, (b) C_D ve (c) C_L/C_D oranının hücum açısına bağlı değişimi



Referans Model | A Modeli | E Modeli

Şekil 4. Kanatların 8-16-24 derece hücum açılarında yağ akış deneyindeki görüntüleri

4. SONUÇLAR

C_L
- Elde edilen deneysel veriler incelendiğinde; taşıma katsayısı (C_L) eğrilerinde, hücum açısının artışıyla birlikte maksimum taşıma değerine ulaşan referans modelin aerodinamik açıdan en yüksek taşıma performansı sergilediği görülmüştür.

C_D
- Sürükleme katsayısı (C_D) analizinde, model B belirgin şekilde en yüksek sürükleme değerlerini gösterirken, diğer modeller genel olarak referans model ile benzer ve yakın sürükleme karakteristikleri sunmuştur.

C_L/C_D
- Aerodinamik verimlilik (C_L/C_D) oranı açısından değerlendirildiğinde; referans modele kıyasla daha yüksek verimlilik sunan konfigürasyonlar sırasıyla model A, model C ve model E olarak belirlenmiştir ve bu grupta model A, yaklaşık 7.6'lık maksimum C_L/C_D değerine ulaşarak incelenen konfigürasyonlar arasında en yüksek aerodinamik verimliliği sağlamıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Zhang, Q., & Ye, Z. (2021). Computational Investigations For Aerodynamic Performance of Bio-Inspired Delta-Wing Based On Swift-Wing. *Chinese Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 53(2).
2. S. Padmanathan et al. "A novel approach to design and a thorough examination of cropped delta wing performance with and without eco-friendly enhancements" Results in Engineering 26 (2025) 105554

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi ve TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir. (KTÜ BAP Proje numarası: FLÖ-2026-17157)

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

1000 KM YÖRÜNGEDEKİ MİKRO UYDUNUN ÜZERİNDE BULUNAN NANO UYDUNUN MEKANİK OLARAK AYRILMA SİSTEMİ

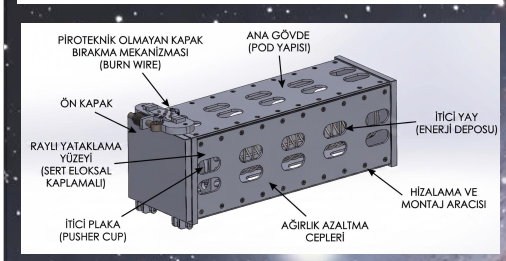
T.C. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

Aleyna ÖZTÜRK (402452), Emirhan ÇALIŞKAN (413038)
aleynaztrk.5534@gmail.com
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Olkan Çuvalcı ; ocuvalci@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Nano uydular, düşük maliyetleri ve hızlı geliştirme süreçleri nedeniyle uzay görevlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uyduların görev başarısı, taşıyıcı platformdan güvenli ve kontrollü şekilde ayrılmalarına bağlıdır. Geleneksel piroteknik ayrılma sistemleri yüksek şok yükleri oluşturabildiğinden hassas uydu bileşenleri için risk teşkil etmektedir. Bu çalışmada, 1000 km Alçak Dünya Yörüngesi'nde görev yapan bir mikro uydu üzerinden 3U sınıfı nano uydunun güvenli şekilde ayrılmasını sağlayacak piroteknik olmayan bir mekanik ayrılma sistemi tasarlanmıştır.

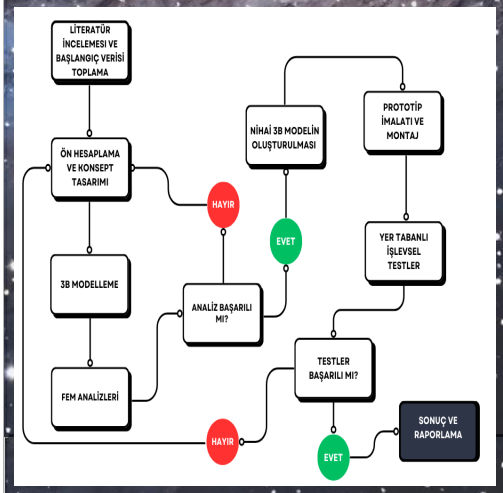
Bu çalışmanın amacı, 6 kg kütleye sahip 3U nano uydunun mikro uydu platformundan güvenli şekilde ayrılmasını sağlayan, tekrar kurulabilir, piroteknik olmayan ve uluslararası standartlara uyumlu bir ayrılma sistemi geliştirmektir. Sistem tasarımında ayrılma güvenilirliği, yapısal dayanım, düşük tip-off hareketi ve uzay ortamına uygunluk temel tasarım kriterleri olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Tasarım Genel Görünüş

2. YÖNTEM

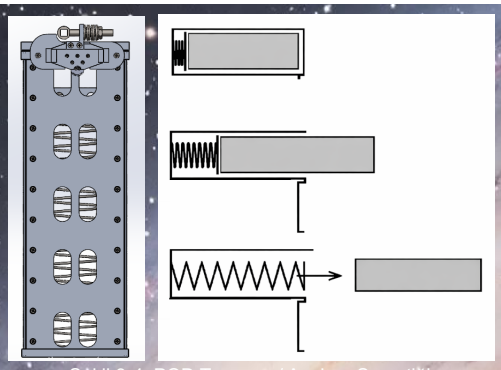
Çalışmada öncelikle CubeSat Design Specification (CDS Rev.14.1) ve ECSS standartları incelenerek tasarım gereksinimleri belirlenmiştir. Ayrılma sisteminin mekanik tasarımı SolidWorks ortamında gerçekleştirilmiş, kapak tutma ve bırakma mekanizması için Kelepçe-Kama (Clamp-Wedge) mimarisi tercih edilmiştir. Ayrılma sırasında oluşabilecek tip-off hareketlerini azaltmak amacıyla kılavuzlanmış tek yaylı Pusher Cup sistemi geliştirilmiştir. Yay seçimi ve ayrılma dinamiği enerji korunumu prensibi kullanılarak analitik olarak hesaplanmış, yapısal doğrulama çalışmaları Sonlu Elemanlar Analizi (FEA) ile gerçekleştirilmiştir.



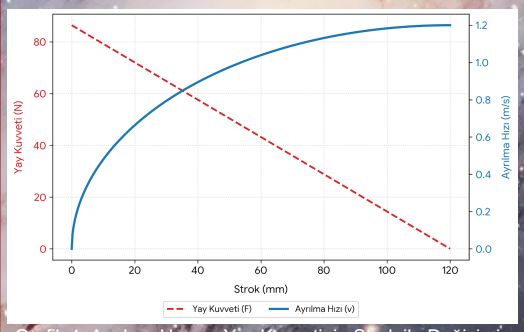
Şekil 2. Proje Yöntem Şeması

3. BULGULAR

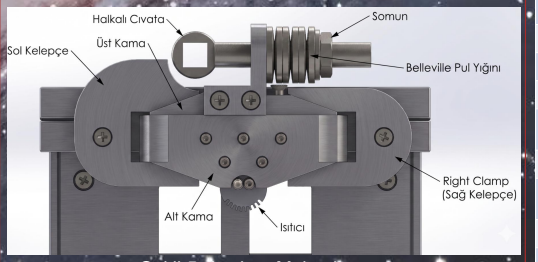
Analitik hesaplamalar sonucunda 6 kg kütleli nano uydunun 1,2 m/s ayrılma hızına ulaşabilmesi için gerekli yay sabiti 720 N/m olarak belirlenmiştir. Yapılan FEA çalışmaları sonucunda ön kapakta oluşan maksimum von Mises gerilmesi 289 MPa olarak hesaplanmış ve malzemenin 505 MPa olan akma dayanımının altında kaldığı görülmüştür. İtici plakada ise maksimum gerilme 5,5 MPa, maksimum yer değiştirme değeri ise 0,0088 mm olarak elde edilmiştir. Sonuçlar sistemin yapısal bütünlüğünü koruduğunu göstermektedir.



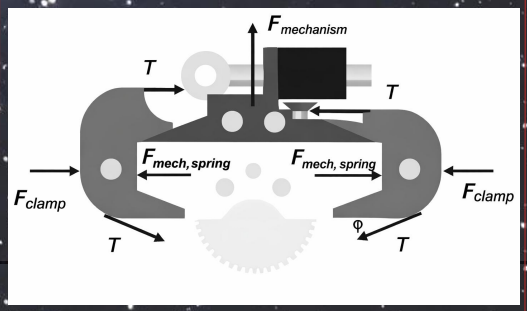
Şekil 3-4. POD Tasarımı / Ayrılma Şematiği



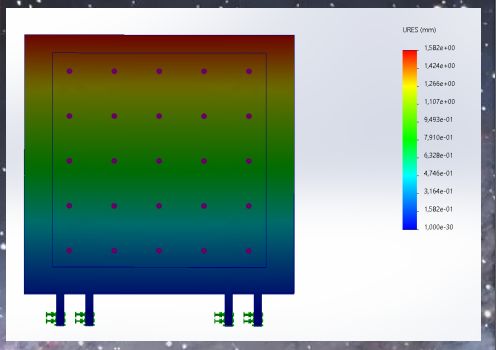
Grafik 1. Ayrılma Hızı ve Yay Kuvvetinin Strok ile Değişimi



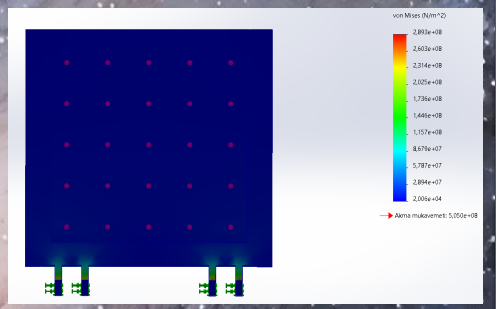
Şekil 5. Ayrılma Mekanizması



Şekil 6. Serbest bırakma mekanizması serbest cisim diyagramı



Şekil 7. Ön kapak için von Mises gerilme dağılımı



Şekil 8. Ön kapak için toplam yer değiştirme (URES) dağılımı

4. SONUÇLAR

Geliştirilen ayrılma sistemi, 3U sınıfı nano uydunun mikro uydu platformundan güvenli şekilde ayrılmasını sağlayabilecek bir tasarım ortaya koymuştur. Kelepçe-Kama mekanizması yüksek yük taşıma kapasitesi sağlarken, Pusher Cup sistemi yay burkulmasını ve tip-off etkilerini azaltmıştır. Analitik hesaplamalar ve sonlu elemanlar analizleri, sistemin hedeflenen 1,2 m/s ayrılma hızını sağlayabilecek ve yapısal güvenliği koruyabilecek yeterliliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Tablo 1. Sonuç Tablosu

Parametre	Sonuç
Nano uydu kütlesi	6 kg
Hedef ayrılma hızı	1,2 m/s
Yay sabiti	720 N/m
Maksimum yay kuvveti	86,4 N
Ön kapak maksimum gerilmesi	289 MPa
Ön kapak emniyet durumu	Güvenli
İtici plaka maksimum gerilmesi	5,5 MPa
Maksimum yer değiştirme	0,0088 mm
Ayrılma sistemi tipi	Piroteknik olmayan
Kilit mekanizması	Kelepçe-Kama
İtki sistemi	Pusher Cup

5. KAYNAKLAR

1. Cal Poly, *CubeSat Design Specification (CDS) Rev 14.1*, 2020.
2. ECSS-E-ST-33-01C, Space Engineering: Mechanisms, ESA-ESTEC, 2019.
3. J. E. Shigley, Mechanical Engineering Design, 9th ed., McGraw-Hill, 2011.
4. J. Fine, "CubeSat Deployer Design Considerations," M.Sc. Thesis, Univ. of Toronto, 2014.
5. D. Hickey et al., "Tip-Off Dynamics in CubeSat Deployments," Acta Astronautica, 2019.

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A - Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı desteği kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MM 4006
BİTİRME PROJESİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

MİKRO BOYUTTA KARBON ELYAF KIRPMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ELDE EDİLEN ELYAFLARIN SEM İLE KARAKTERİZASYONU

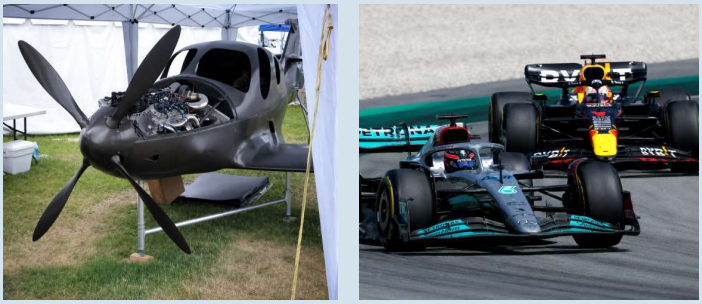
Proje Yürütücüleri: İsmail İNCEHASAN, Yunus Emre EKİNCİ, Ali Haydar ÇAMTEKNE
Proje Sorumlusu E-Posta Adresi: ismail.incehasan@gmail.com
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Recep GÜMRÜK
Proje Danışmanı E-Posta Adresi: rgumruk@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Eklemeli imalat teknolojileri, özellikle FDM yöntemi, yüksek dayanım/ağırlık oranına sahip kompozit malzemelerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Karbon elyaf takviyeli kompozitler; havacılık, otomotiv, savunma sanayi ve biyomedikal alanlarda önemli avantajlar sağlamaktadır.

Literatürde mikro boyutta karbon elyaf üretiminde çoğunlukla öğütme yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak öğütme işlemi sonucunda geniş boyut dağılımına sahip parçacıklar elde edilmesi, homojen mekanik özelliklerin sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle kontrollü ve homojen kırpma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada karbon elyafların mikro boyutta kontrollü şekilde kırpılabilmesi amacıyla mevcut sistem geliştirilmiş ve elde edilen elyaflar SEM analizleri ile incelenmiştir.



Şekil 1-2. Karbon Elyaf Örnek Kullanım Alanlarına Örnekler

2. YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında mevcut karbon elyaf kırpma sistemi modifiye edilmiştir. Sistem; step motor kontrollü kesme mekanizması, Arduino tabanlı kontrol sistemi ve vakum destekli toplama sisteminden oluşmaktadır.

Karbon elyaf ipliği sistem içerisine kontrollü şekilde beslenmiş ve döner bıçak mekanizması yardımıyla mikro boyutta kırpılmıştır. Kesilen elyaflar vakum sistemi ile toplanmış ve SEM analizleri gerçekleştirilmiştir.

Kullanılan Sistemler
-Nema17 Step Motor
-Arduino Kontrol Sistemi
-Döner Freze Bıçağı
-Vakum ve Toplama Sistemi
-SEM Analizi

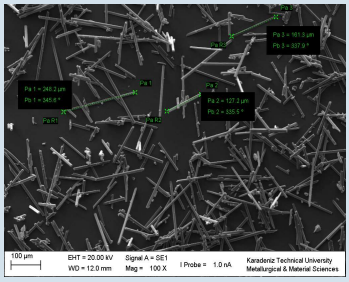


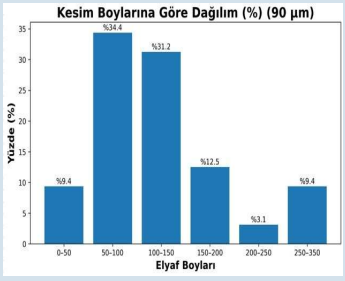
Şekil 3. Uygulanan Adımlar

3. BULGULAR

Yapılan gözlemler sonucunda sistemin kontrollü ve stabil şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. SEM analizleri sonucunda karbon elyafların hedeflenen mikron boyut aralıklarında başarılı şekilde kırpılabildiği belirlenmiştir. Lif yüzeylerinde ciddi deformasyon veya yapısal bozulma gözlemlenmemiştir.

90 µm Elyaflar
Homojen dağılım gözlemlendi.
Lif yüzeylerinde minimum deformasyon oluştu.
50–150 µm aralığında yoğun dağılım elde edildi.
150 µm Elyaflar
Lif geometrisi büyük ölçüde korundu.
100–200 µm aralığında yoğun dağılım gözlemlendi.
Kontrollü kesim başarısı sağlandı.
250 µm Elyaflar
Lif bütünlüğü daha belirgin şekilde korundu.
200–300 µm aralığında yoğun dağılım oluştu.
Daha uzun eksenel yapılar elde edildi.





Şekil 4-5. 90 µm İçin Örnek SEM Görüntüsü ve Boyut Dağılım Sütun Grafiği

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında geliştirilen sistem ile karbon elyafların mikro boyutta kontrollü şekilde kırpılabildiği gösterilmiştir.

1)Step motor kontrollü freze bıçağı sayesinde hassas kesim sağlanmıştır.
2)Arduino tabanlı sistem ile kontrollü ve tekrarlanabilir üretim gerçekleştirilmiştir.
3)SEM analizlerinde lif yüzeylerinde ciddi deformasyon gözlemlenmemiştir.
4)Düşük hızlarda daha homojen boyut dağılımı elde edilmiştir.
5)Sistem düşük maliyetli ve uygulanabilir bir çözüm sunmuştur.
6)Elde edilen mikro boyutlu karbon elyafların gelecekte kompozit filament üretiminde kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

5. KAYNAKLAR

[1] Doege, E., Dröder, K., Sheet metal forming of magnesium wrought alloys formability and process technology, Journal of Material Processing Technology, 115 (2001) 14-19.
[2] Additive Manufacturing and Carbon Fiber Reinforced Composites Literature Sources.
[3] SEM Analysis Applications in Composite Materials.
[4] FDM Based Composite Production Studies.

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : TÜBİTAK 2209-B – (Üniversite Öğrencileri Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Desteği Programı) tarafından desteklenmektedir.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

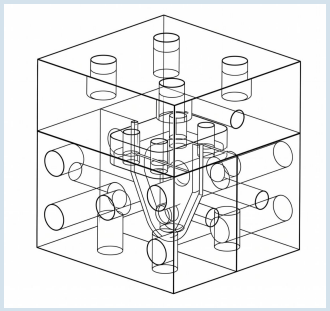
Sürekli elyaf takviyeli kompozit parçaların eklemeli imalat ve kalıplama prosesleri ile hibrit imalatı

T.C. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

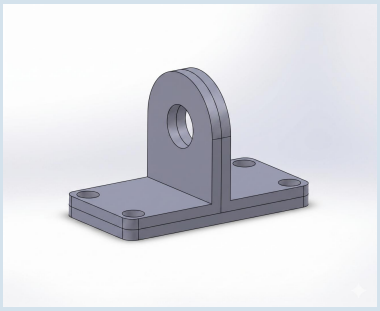
ÖĞRENCİ 1. Enes Dağlı*, ÖĞRENCİ 2. Doğancan Altuncevahir
* : enes.dagli133@gmail.com*
Proje Danışmanı : Prof. Dr. RECEP GÜMRÜK ; rgumruk@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

- Problem: Havacılık sanayisinde hafiflik ve yüksek mukavemet talebi artarken, karmaşık geometrili sürekli elyaf kompozitlerin boşluksuz ve bütüncül şekilde üretilmesi büyük bir zorluktur.
- Amaç: Havacılık montajlarında kullanılabilecek karmaşık şekilli (ters açılı ve iç boşluklu) bir alt bileşeni, elyaf sürekliliğini bozmadan üretmek.
- Yenilikçi Yaklaşım: Geleneksel üretim kısıtlamalarını aşmak amacıyla, hazır sürekli karbon elyaf takviyeli filamentin ısıtılmış kalıp etrafında yönlendirilmesi ve PLA matris ile sıcak pres altında birleştirilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 1. Tasarlanan kalıbın izometrik şematik görünümü.



Şekil 2: Üretimi yapılan kompozit bağlantı elemanı

2. YÖNTEM

- Kalıp Hazırlığı ve Isıtma: İçerisine termokupl entegre edilen çelik kalıp, PID kontrollü fişek rezistanslar kullanılarak 180℃ çalışma sıcaklığına getirilmiştir.
- Elyaf Yönlendirme (İskelet Üretimi):Hazır sürekli karbon elyaf filament, sıcak kalıp dış konturları etrafında yönlendirilerek (sarılarak) dış koruyucu iskelet oluşturulmuştur.
- Matris Serimi: Parça iç dolgusunu oluşturmak için parçalanmış PLA matris malzemesi elyaf boşluklarına yerleştirilmiştir.
- Sıcak Presleme: Kalıp kapatılarak 9806.65 N (1 Ton) sabit baskı yükü altında sıcak presleme uygulanmış ve polimerin elyafı ıslatması sağlanmıştır.
- Soğutma ve Çıkarma: Sistem harici fanla 80℃'ye soğutulmuş ve çektirme cıvataları ile kalıp açılarak parça elde edilmiştir.



Şekil 3. Koruyucu iskeletin kalıba yerleşimi.



Şekil 4. Koruyucu iskeletin kalıba yerleşimi.



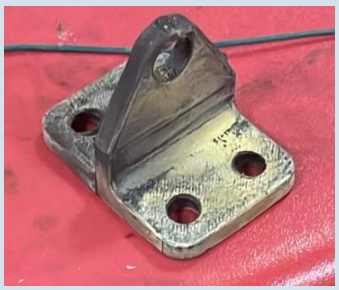
Şekil 5. Sıcak presleme işlemi.



Şekil 6. PLA filamentinin kalıp içinde kırılıp konulması.

3. BULGULAR

Hacimsel Dolgu: İlk üretimde PLA matrisin tam nüfuz edemediği bölgesel kuru elyaf demetleri saptanmışken, presleme şartlarının oturduğu ikinci üretimde matrisin karbon elyafa çok daha homojen nüfuz ettiği ve makroskobik boşlukların (porozite) azaldığı gözlemlenmiştir.
Yüzey Topografyası: Uygun temasın sağlandığı yüzeylerde havacılık standartlarına yakın, pürüzsüz ve parlak bir doku elde edilmiştir.
Kalıp Çıkarma Kusurları: Kalıptan ayırma esnasında, karmaşık geometri ve ters açılar nedeniyle uygulanan mekanik zorlamaların parçanın bazı yüzeylerinde ezilme ve deformasyonlara yol açtığı tespit edilmiştir.



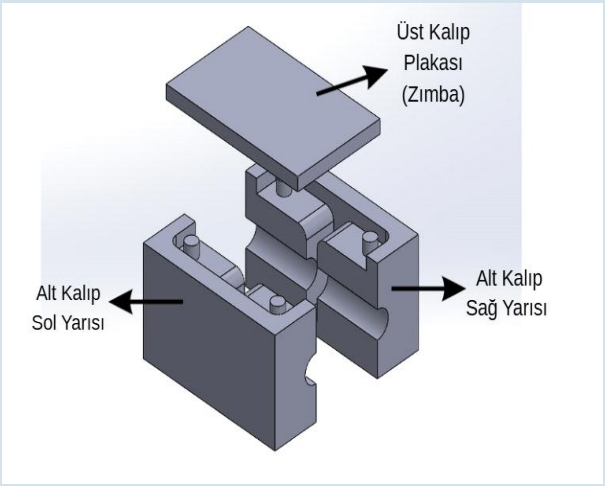
Şekil 7. Üretilen İlk Numune



Şekil 8. Üretilen Son Numune

4. SONUÇLAR

- Sürekli karbon elyaf filamentin sıcak kalıp geometrisi etrafında yönlendirilmesi ve preslenmesi, karmaşık şekilli kompozit parçaların üretiminde yüksek parça bütünlüğü ve elyaf sürekliliği sağlamaktadır.
- Matrisin elyaf içine tam nüfuz etmesi ve porozitenin sıfıra indirilmesi için vakum destekli pres sistemlerine ve kalıp içi gaz tahliye (venting) kanallarına ihtiyaç vardır.
- Ters açılı ve iç boşluklu yapıların üretim sonrasında hasarsız çıkarılabilmesi için yekpare kalıp tasarımı yerine hareketli (portatif) mil/maça mekanizmasına geçilmesi zorunludur.



Şekil 9. Tavsiye Edilen Kalıp Tasarımı

5. KAYNAKLAR

[1] Dickson, A. N., Barry, J. N., McDonnell, K. A. ve Dowling, D. P., Fabrication of continuous carbon, glass and Kevlar fibre reinforced polymer composites using additive manufacturing, Additive Manufacturing, 16 (2019) 146–152. https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.06.004.
[2] Matsuzaki, R., Ueda, M., Namiki, M., Jeong, T. K., Asahara, H., Horiguchi, K., Nakamura, T., Todoroki, A. ve Hirano, Y., Three-dimensional printing of continuous-fiber composites by in-nozzle impregnation, Scientific Reports, 6 (2016) 23058, https://doi.org/10.1038/srep23058.
[3] Uşun, A. ve Gümrük, R., The mechanical performance of the 3D printed composites produced with continuous carbon fiber reinforced filaments obtained via melt impregnation, Additive Manufacturing, 46 (2021) 102112, https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102112. [4] Vatandaş, B. B., Gümrük, R., Uşun, A. ve Yıldız, N., The effect of heat treatments applied to continuous fiber reinforced thermoplastic composites on mechanical properties, Open Journal of Nano, 7(1) (2022) 10–17, https://doi.org/10.56171/ojn.1034323.

Destekleyen firma : Bu çalışma WISE COPOSITE desteği kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MM 4006 BİTİRME PROJESİ

FOTOVOLTAİK DESTEKLİ HİBRİT GÜNEŞ FIRINI

Ahmed Buğrahan GÜNEŞ*, Ömer YILDIRIM, Melikşah EREN
* : bugrahan7gunes@gmail.com
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Tülin BALİ; bali@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

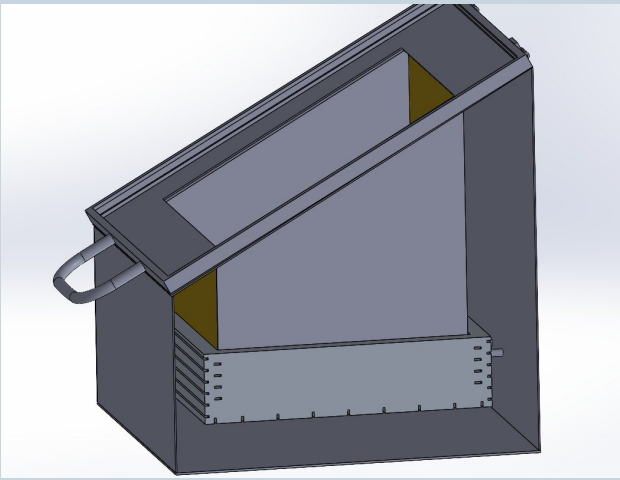
Küresel enerji dönüşümü hedefleri doğrultusunda, gıda hazırlama ve pişirme süreçlerinde sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Konvansiyonel güneş fırınları, sıfır emisyonlu termal enerji sağlayabilmelerine rağmen, güneş ışınımına ve hava koşullarına doğrudan bağımlı olmaları nedeniyle gece saatlerinde ve bulutlu havalarda etkin şekilde çalışamamaktadır. Bu durum, söz konusu sistemlerin yaygın kullanımının önündeki en önemli engellerden birini oluşturmaktadır. Bu kısıtları ortadan kaldırmak ve geleneksel güneş fırınlarının düşük verimlilik sorununa çözüm getirmek amacıyla, tasarlanan ve imal edilen hibrit güneş fırını;

• Kesintisiz ve yüksek verimli pişirme performansı sunmaktadır.

• Doğrudan güneş enerjili termal ısıtma, PV panel destekli elektriksel ısıtma ve FDM tabanlı enerji depolama mekanizmalarını entegre bir şekilde kullanmaktadır.
• Güneş ışınımının yetersiz olduğu veya bulunmadığı dönemlerde depolanan termal enerji ve yardımcı elektriksel ısıtma sistemi sayesinde pişirme işleminin sürdürülebilmesini sağlamaktadır.

• Enerji kaynaklarının etkin kullanımına olanak tanıyarak sistem verimini artırmakta ve pişirme süresindeki dalgalanmaları azaltmaktadır.

Geliştirilen hibrit fırın prototipinin geometrisi ve SolidWorks ortamında oluşturulan üç boyutlu katı modeli Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Hibrit Güneş Fırını Solid Çizimi

2. YÖNTEM

- Sistemin ısıl performansı termodinamik ve ısı transferi temel prensipleri kullanılarak analiz edilmiştir.
- Fırın iç sıcaklığının dalgalanmasını önlemek ve güneşsiz anlarda ısıyı korumak amacıyla sisteme Faz Değiştiren Madde (FDM) entegrasyonu yapılmıştır.
- Fotovoltaik panellerin anlık güç üretimi hesaplanarak, fırın içindeki rezistansın elektriksel yük ihtiyacı ile eşleştirilmiştir.
- Teorik hesaplamalar sonucunda optimum yalıtım kalınlığı ve malzeme seçimi yapılarak prototip imal edilmiştir.

Termodinamiğin Birinci Yasası: Sisteme giren güneş enerjisi, termal enerjiye dönüştürülmekte, depolanmakta veya pişirme işlemi için kullanılmaktadır.

Termodinamiğin İkinci Yasası: Enerji dönüşümleri sırasında kaçınılmaz olarak ısı kayıpları meydana gelmekte ve sistem verimi bu kayıplardan etkilenmektedir.

Fırın içerisindeki enerji transferi iletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon) ve ışınım (radyasyon) mekanizmaları ile gerçekleşmektedir.

Fotovoltaik paneller, fotoelektrik etki yoluyla güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek yardımcı rezistans sistemini beslemektedir.

Faz değiştiren madde (FDM), erime sürecinde büyük miktarda enerjiyi gizli ısı şeklinde depolamakta ve katılaşma sırasında bu enerjiyi geri vermektedir.

3. BULGULAR

- Bu çalışmada, yalnızca termal güneş enerjisi kullanan fırınlara kıyasla hibrit güneş fırınının operasyon süresi uzatılmış ve daha uzun süre ısıtma/pişirme imkanı sağlandığı hesaplanmıştır.
- Fırın içerisine entegre edilen faz değiştiren madde kullanımı ile iç sıcaklık dalgalanmaları minimize edilmiş, hedeflenen termal kararlılığa ulaşım sağlanmıştır.
- Aynı zamanda, yetersiz güneş ışınımı durumlarında rezistans devreye girerek pişirme performansında yaşanabilecek düşüşler başarıyla engellenecektir.



Şekil 3. Güneş Fırını ve PV Paneller

4. SONUÇLAR

- Bu çalışmada imal edilen fotovoltaik panel destekli hibrit güneş fırını, kesintisiz ve yüksek verimli bir pişirme performansı sunacaktır.
- Klasik güneş fırınlarının bulutlu havalardaki kesintili çalışma problemi, sisteme entegre edilen elektriksel ısıtıcı (rezistans) desteğiyle başarıyla çözülmüştür.
- Hibrit çalışma prensibi sayesinde sistemin ısıl kararlılığı artırılmış ve pişirme süreleri optimize edilmiştir.



Şekil 4. Hibrit Güneş Fırınına Ait Çalışma Görseli

5. KAYNAKLAR

1. IRENA, "Advancing Renewables-Based Clean Cooking Solutions," IRENA Raporu, 2024.
2. E, Cuce and P. M. Cuce, A comprehensive review on solar cookers Cuce E., Cuce P. M., Applied Energy, cilt.102, ss.1399-1421, 2013, http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.09.002
3. S. R. Kashyap, S. Pramanik and R.V. Ravikrishna "A review of solar, electric and hybrid cookstoves," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 188, pp. 1–22, 2023. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113787
4. C. Battocchio, et al. Solar Cookers and Dryers: Environmental Sustainability and Nutraceutical Content in Food Processing, Foods 2021, 10(10), 2326; https://doi.org/10.3390/foods10102326
5. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : Akkese Mühendislik, Tübitak 2209-A ve KTÜ BAP desteği ile gerçekleştirilmiştir

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

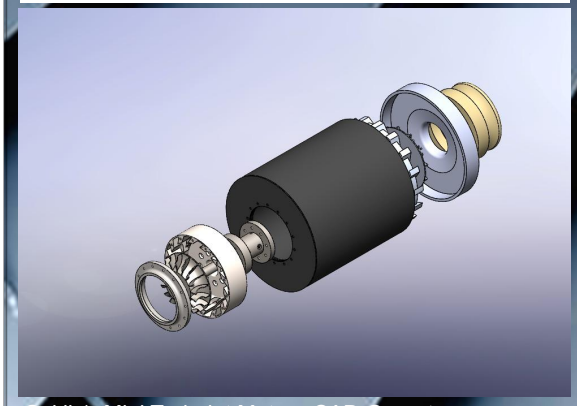
T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

TURBOŞARJ TABANLI VE PROPAN YAKITLI BİR MİNİ TURBOJET MOTORUNUN DENEYSEL TASARIMI VE ANALİZİ

Yiğitcan SANCIOĞLU*, Sıla MANDIRALI, Ebrar AKGÜL
*: yigitcansancioglu@gmail.com
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Tülin Bali ; bali@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

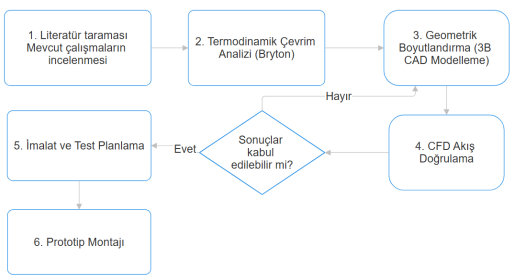
Modern havacılık ve İHA teknolojilerinde kompakt mini turbojet motorlarına olan ihtiyaç artmaktadır. Sıfırdan motor imalatının getirdiği yüksek maliyet ve malzeme kısıtlarını aşmak amacıyla, hazır otomotiv turboşarj bileşenlerinin (kompresör, mil, türbin) jet motoru göbeğine dönüştürülmesi maliyet-etkin bir yöntemdir. Bu çalışmada; hazır bir turboşarj göbeği temel alınarak özgün radyal difüzör, NGV, egzoz lülesi ve propan yakıtlı ters akışlı yanma odası tasarlanmıştır. Tasarlanan NGV ve difüzörün CFD analizleri gerçekleştirilmiş ve maksimum 20.000 RPM çalışma devrine sahip bir test standı kurulmuştur.



Şekil 1. Mini Turbojet Motoru CAD Görüntüsü

2. YÖNTEM

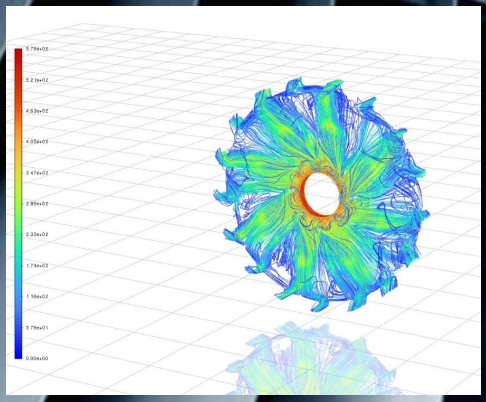
Proje sürecinde ilk olarak Brayton çevrimi esas alınarak motorun termodinamik çevrim analizleri ve teorik boyutlandırmaları gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre sistemin üç boyutlu CAD modelleri oluşturulmuştur. Motorun kendi kendine kararlı çalışmasını sağlamak üzere göbeğe uyumlu olarak tasarlanan radyal difüzör ve NGV (türbin yönlendirici kanatçıkları) bileşenlerinin iç akış karakteristikleri CFD (Sayısal Akışkanlar Dinamiği) yöntemleriyle incelenmiş, akış kararlılığı ve şaft stabilitesi sağlayan ters akışlı (reverse-flow) yanma odası tasarımı yapılmıştır. Ayrıca propan yakıt altyapısı, harici yağlama sistemi ve itki ölçüm standının mekanik tasarımları tamamlanmıştır. Son aşamada, tasarlanan özgün alt bileşenlerin imalatı ve sistemin montajı gerçekleştirilmişti



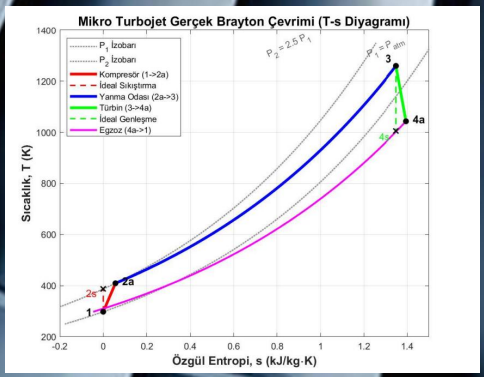
Şekil 2. Akış Diyagramı

3. BULGULAR

Brayton çevrimi analizleriyle motorun teorik sıcaklık, basınç ve boyutlandırma kriterleri belirlenmiş; bu veriler doğrultusunda radyal difüzör, NGV ve ters akışlı yanma odasının 3B CAD modelleri montaj toleranslarına uygun olarak oluşturulmuştur. ANSYS Fluent ile yapılan CFD analizlerinde, difüzör içerisindeki akış hatları incelenerek akış davranışı doğrulanmış ve NGV kanatçıklarında akış ayrılması yaşanmadan gazın ideal açıyla yönlendirildiği gözlenmiştir. Son aşamada, teknik resim standartlarına uygun olarak imal edilen özgün alt bileşenler, harici yağlama hatları ve itki ölçüm standı mekanik olarak entegre edilerek motorun fiziksel montajı başarıyla tamamlanmıştır.



Şekil 3. Difüzör Akış Çizgileri



Grafik 1. Termodinamik Çevrim

4. SONUÇLAR

Tersine mühendislik adımlarıyla turboşarj verileri çıkarılarak radyal difüzör, NGV ve yanma odası montaj toleranslarına uygun şekilde üretilmiştir. Teorik ve sayısal olarak doğrulanan özgün alt bileşenlerin imalatı teknik resim standartlarına uygun olarak tamamlanmıştır.

Parametre	Tasarım / Hesaplanan Değer
Çalışma Akışkanı	Hava + Propan Gazı
Termodinamik Çevrim	İdeal Brayton Çevrimi
Maksimum Tasarım Devri	20.000 RPM
Tasarlanan İtki Standı Kapasitesi	400 N - 600 N
Yanma Odası Tipi	Ters Akışlı (Reverse-Flow)
Radyal Difüzör & NGV Geometrisi	CFD Odaklı Özgün Tasarım

Tablo 1. Tasarım ve Termodinamik Hedefler Tablosu



Şekil 4. Rotor Montaj Görüntüsü

5. KAYNAKLAR

1. Cohen, H., Rogers, G.F., & Saravanamutto, H.I.H. (2017). Gas Turbine Theory (7thEd.). Pearson Education Limited

2. Cengel, Y.A., & Boles, M.A. (2019). Thermodynamics: An Engineering Approach (19th ed.). McGraw-Hill Education

3. Farokhi, S. (2014). Aircraft Propulsion (2nd ed.). Wiley

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A projeleri desteği kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

TOZ METALURJİSİ İLE ÜRETİLEN K490 TAKIM ÇELİĞİ ÜZERİNE UYGULANAN TiN, TiCN VE AlTiN KAPLAMALARIN SERTLİK VE AŞINMA DAVRANIŞINA ETKİSİ

T.C. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

Berkay ALTUNBAY, Barış YURTASLAN, Aziz Burak AKGÜL
* : berkayaltunbay4@gmail.com
Proje Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Yaşar SERT ; yasarsert@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Mühendislik Problemi: Endüstride yaygın olarak kullanılan K490 soğuk iş takım çelikleri, çalışma mekanizmalarında yüksek dinamik yüklere, sürtünmeye ve abrasif aşınmaya maruz kalmaktadır. Malzemenin başlangıç yüzey sertliğinin (~360 HV) yetersiz olması, parça ömrünü ve üretim verimliliğini doğrudan düşürmektedir.
Projenin Amacı: Bu çalışmada, K490 altlık çeliğinin yüzey sertliğini ve tribolojik performansını artırmak amacıyla uygulanan farklı niteliklerdeki AlTiN, TiN ve TiCN ince film kaplamaların sertlik değişimleri, aşınma dirençleri ve yüzey topografyaları deneysel olarak incelenmiştir.
Yöntem ve Karakterizasyon: Numunelerin yüzey mekanik özellikleri Vickers mikrosertlik testiyle; tribolojik davranışları ise kuru sürtünme koşullarında dairesel bilye-disk (ball-on-disk) aşınma deneyleriyle belirlenmiştir. Test sonrasında oluşan aşınma izlerinin morfolojisi ve derinlik profil kırılımları, 3-Boyutlu (3B) optik profilometre topografya analizleri üzerinden mikron (μm) mertebesinde karakterize edilerek hacimsel malzeme kayıpları (mm^3) hesaplanmıştır.



Şekil 1. Sertlik Deneyi



Şekil 2. Aşınma Deneyi

2. YÖNTEM

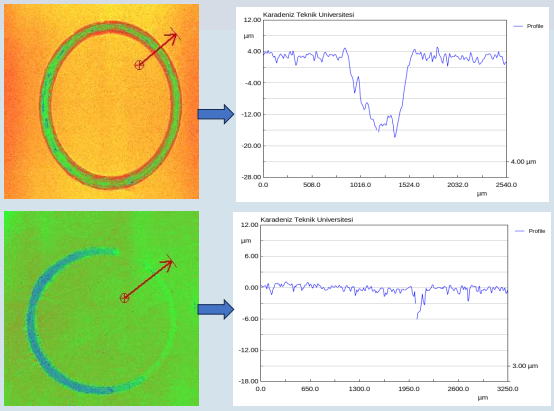
Numune Grupları: K490 altlık çelik malzemesi ile yüzeyine uygulanan farklı niteliklerdeki AlTiN, TiN ve TiCN ince film kaplamaları deneysel çalışmalarda kullanılmıştır.
Mekanik ve Tribolojik Karakterizasyon: Kaplamaların sertlik değişimleri Vickers mikrosertlik testiyle; aşınma dirençleri ise kuru sürtünme koşullarında dairesel bilye-disk (ball-on-disk) aşınma deneyleriyle belirlenerek sürtünme katsayıları (COF) kaydedilmiştir.
3B Topografya ve Hacimsel Kayıp: Test sonrasında oluşan dairesel aşınma izleri (track) 3B optik profilometre ile taranmış; elde edilen profil kesitleri doğrultusunda malzemelerin mm cinsinden net aşınma hacim kayıpları hesaplanmıştır.



Şekil 3. İşleyiş Şeması

3. BULGULAR

Yüzey Mekanik Direnci: Vickers sertlik testlerinde kaplamalar altlık çeliğin sertliğini katbekat artırmıştır. En yüksek sertlik 2901.95 HV ile TiCN kaplamada ölçülmüş; bunu sırasıyla AlTiN (2693.19 HV), TiN (1769.42 HV) ve İşlemsiz K490 (280 HV) takip etmiştir.
Kuru Sürtünme Davranışı: Bilye-disk testlerinde kaydedilen ortalama sürtünme katsayıları (COF) büyükten küçüğe; AlTiN (0.647340), TiN (0.541381), İşlemsiz K490 (0.508909) ve TiCN (0.469486) olarak saptanmıştır. Karbon katkılı TiCN en düşük sürtünme direncini sergilemiştir.
3B Topografik Hacim Kayıpları: Optik profilometre kesit analizlerine göre hesaplanan net aşınma hacimleri (mm^3) , yüzeylerin gerçek koruma performansını ortaya koymuştur:
İşlemsiz K490 : 0.434982517 mm^3
TiCN Kaplama: 0.090557661 mm^3
AlTiN Kaplama: 0.057238614 mm^3
TiN Kaplama: 0.024602983 mm^3



Şekil 4.Yüksek aşınma gösteren (üstte) ve yüksek aşınma direnci gösteren (altta) numunelerin aşınma derinliği profilleri

4. SONUÇLAR

Aşınma Direnci Artışı: Uygulanan tüm ince film kaplamalar (AlTiN, TiN, TiCN), İşlemsiz K490 soğuk iş takım çeliğinin aşınma hacmini ve profil derinliğini çok büyük oranda azaltarak yüzeyi başarıyla korumuştur.
Hacimsel Malzeme Kayıpları: 3B optik profilometre analizleri sonucunda en düşük hacimsel aşınma kaybı TiN kaplamada (0.02460mm^3) saptanırken, en yüksek malzeme kaybı İşlemsiz K490 çeliğinde (0.43498mm^3) gerçekleşmiştir.
Sertlik ve Performans İlişkisi: En yüksek yüzey sertliğine sahip olan TiCN kaplama (~2900 HV), abrazif aşınma yükleri altında sergilediği lokal mikro-kırılganlıklar nedeniyle 0.09056 mm^3 hacimsel kayba uğramış; AlTiN ve TiN'e göre daha düşük bir aşınma direnci sergilemiştir.
Mühendislik ve Optimum Çözüm: Hem düşük aşınma hacmi (0.05724 mm^3) hem de dairesel hat boyunca sergilediği son derece homojen, keskin ve kararlı oluk geometrisi sebebiyle AlTiN kaplama, K490 çeliğinin tribolojik ömrünü uzatmada en kararlı ve güvenilir katman performansını ortaya koymuştur.

Tablo 1. Ölçülen Değerler Tablosu

NUMUNE	ORTALAMA SERTLİK(HV)	ORTALAMA SÜRTÜNME KATSAYISI	AŞINMA HACİM MİKTARI
TiCN KAPLAMA	2901,95	0.469486	0.090557661
AlTiN KAPLAMA	2693,19	0,647340	0.057238614
TiN KAPLAMA	1769,42	0.541381	0.024602983
K490	280	0.508909	0.434982517

5. KAYNAKLAR

Yeşilyurt, M. (2021). Darbeli yüklemenin TiN esaslı kaplamaların aşınma davranışına etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon

Akkaş, O. (1998). TiN kaplama parametrelerinin aşınma davranışı üzerindeki etkisi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A projeleri desteği kapsamında gerçekleştirilmiştir.

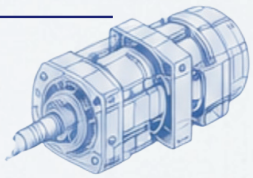
Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MM 4006 BİTİRME PROJESİ

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ CNC TEZGAHI TASARIMI VE ÜRETİMİ

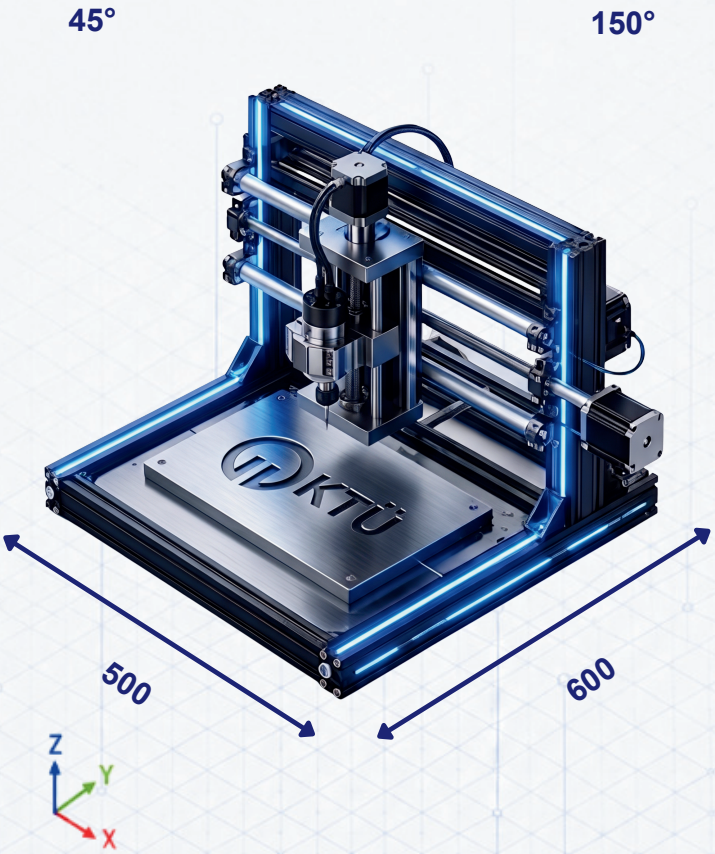
T.C. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

Kadir Karan YILMAZ 417002
Mehmet Görkem USTA 413182
Buğra TURGAY 416552
mehmetgorkemust@gmail.com
Danışman: Doç.Dr.Yunus Emre KARABACAK ; karabacak@ktu.edu.tr



01 GİRİŞ

Bu proje, endüstriyel talaşlı imalat dinamiklerini masaüstü ölçeğine taşıyan, maliyet-etkin ve rijit bir 3 eksenli mini CNC router tasarımı ve imalatını kapsamaktadır. Geleneksel tezgahların yüksek yatırım maliyeti ve alan kısıtlarına çözüm olarak; açık kaynaklı kontrol altyapısı ve modüler alüminyum şasi kullanılarak kompakt bir sistem geliştirilmiştir. Temel hedefimiz; mühendislik eğitiminde ve hızlı prototipleme süreçlerinde optimum yüzey kalitesi ve konumlandırma hassasiyeti sunan, erişilebilir bir üretim istasyonu ortaya koymaktır.

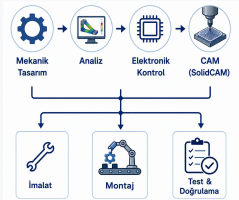


TEKNİK ÖZELLİKLER

ÇALIŞMA ALANI	300 x 200 x 100 mm
HAREKET SİSTEMİ	Lineer Mil ve Bilyalı Somun
MOTORLAR	NEMA 23 Step Motor
GÖVDE	Alüminyum Profil
KANTROL ÜNİTESİ	Arduiono Tabanlı Kart
İŞ MİLİ	200W Spindle Motor
BESLEME GERİLİMİ	24V DC
AĞIRLIK	15 kg

02 YÖNTEM

Sistemin tasarımı SOLIDWORKS ile yapılmış, gövde rijitliği Ansys statik analizleriyle doğrulanmıştır. Eksen hareketleri, maliyet-performans dengesi gözetilerek NEMA 23 step motorlar ve lineer rulmanlı millerle sağlanmıştır. Elektronik altyapıda Arduino tabanlı kontrol kartı kullanılmıştır.



SİSTEM BİLEŞENLERİ


NEMA 23 Step Motor


Spindle Motor


Alüminyum Profil


Motor Sürücü


Lineer Mil ve Bilyalı Yatak

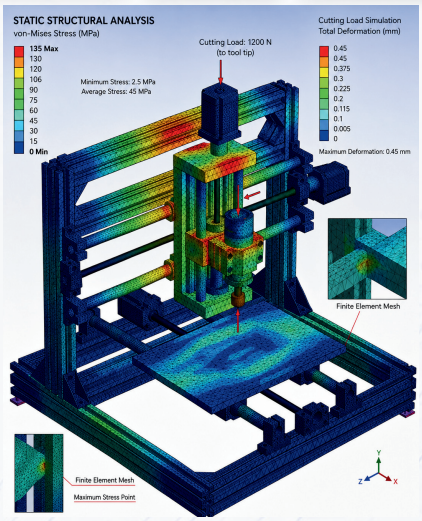

Vidalı Mil ve Bilyalı Somun


Arduino Tabanlı Kontrol Kartı


Güç Kaynağı

03 BULGULAR

KESME YÜKÜ (Takım Ucunda)	MAKSİMUM GERİLME	MAKSİMUM DEFORMASYON
1200 N	135 MPa	0.45 mm



04 SONUÇLAR

Arduino kontrollü 3 eksenli mini CNC makinesinin tasarımı ve üretimi tamamlanmıştır. Optimum bileşen seçimi ve yazılım optimizasyonlarıyla hedef hassasiyete ulaşılmış, sistemin fiyat/performans açısından prototiplemeye uygunluğu kanıtlanmıştır.

05 KAYNAKÇA

Qin, W. (2013). Design and analysis of a small-scale cost-effective CNC milling machine
Slocum, A. H. (1992). Precision machine design. Society of Manufacturing Engineers.

MODEL ANALİZ SİMÜLASYON ÜRETİM

Destekleyen Kurum:Projemiz TÜBİTAK 2209-A tarafından desteklenmiştir.

HAZİRAN 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

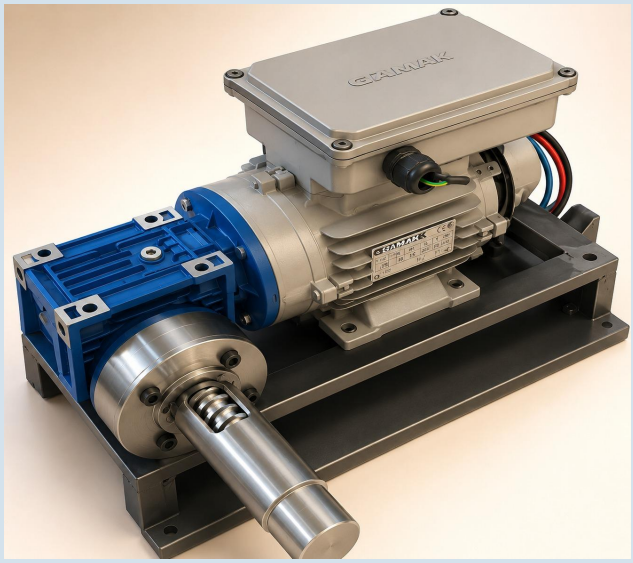
T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

FISTIK YAĞI ÇIKARMA MAKİNASI TASARIMI

ÖĞRENCİ 1. Selim TOPAL , ÖĞRENCİ 2. Berşan AKYAR,
416512@ogr.ktu.edu.tr , 415474@ogr.ktu.edu.tr
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Yücel ÖZMEN ; yozmen@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

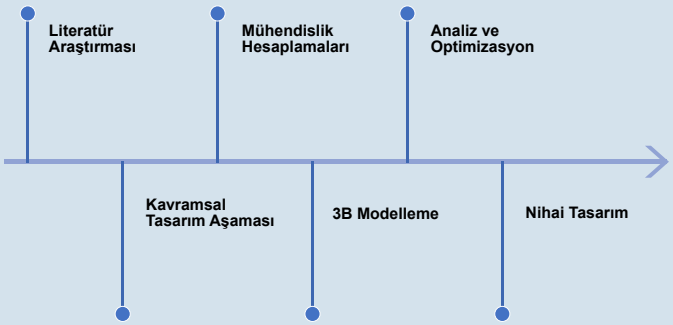
- Yer fıstığı yağı, yüksek besin değeri ve sağlıklı yağ asidi içeriği nedeniyle gıda sektöründe önemli bir yere sahiptir [3].
- Son yıllarda tüketicilerin doğal ve katkısız ürünlere yönelmesi, soğuk pres yöntemiyle elde edilen yağlara olan ilgiyi artırmıştır.
- Ancak piyasada bulunan yağ çıkarma makinelerinin çoğu yüksek maliyetli olup küçük ölçekli üreticilerin ihtiyaçlarına tam olarak cevap verememektedir [2].
- Bu çalışmada, yer fıstığından soğuk pres yöntemiyle yağ elde edilmesini sağlayan, düşük enerji tüketimine sahip, kompakt ve gıda güvenliğine uygun bir yağ çıkarma makinesi tasarlanmıştır. Tasarımda kullanılan motor-redüktör grubu ve güç aktarım sistemi Şekil 1'de gösterilmiştir.
- Tasarım, küçük işletmeler ve bireysel kullanıcılar için ekonomik ve yerli üretime uygun bir çözüm sunmayı amaçlamaktadır.



Şekil 1. Fıstık Yağı Çıkarma Makinesi Tasarımı

2. YÖNTEM

Mevcut yağ çıkarma sistemleri incelenerek literatür ve patent araştırması gerçekleştirilmiştir [1]. Fıstık yağı üretimi için vidalı pres çalışma prensibi seçilmiş ve kavramsal tasarım oluşturulmuştur [4]. Gerekli motor gücü, tork ihtiyacı ve mil boyutları mühendislik hesaplamaları ile belirlenmiştir [Tablo 1]. Sistem bileşenleri (hazne, vidalı mil, pres gövdesi ve şasi) SolidWorks ortamında üç boyutlu olarak modellenmiştir. Vidalı mil geometrisi ve sıkıştırma oranı yağ verimini artıracak şekilde optimize edilmiştir. Malzeme seçiminde gıda güvenliği ve korozyon direnci kriterleri dikkate alınarak AISI 304 paslanmaz çelik tercih edilmiştir. Tasarımın mukavemet, kapasite ve maliyet analizleri gerçekleştirilerek üretilebilirliği değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Fıstık Yağı Çıkarma Makinesi Tasarım ve Geliştirme Süreci Akış Diyagramı

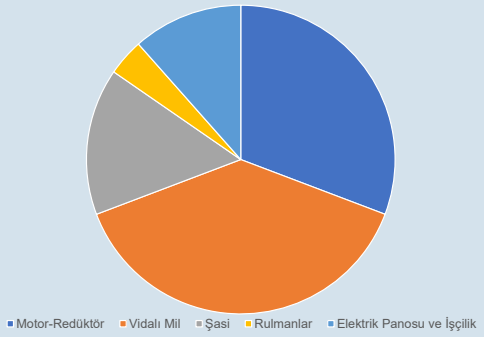
Parametre	Sonuç
Motor Gücü	0,55 kW
Besleme Gerilimi	220 V Monofaze
Redüktör Oranı	1/40
Çıkış Torku	115,9 Nm
Vidalı Mil Çapı	32 mm
Mil Çekirdek Çapı	25 mm
İşleme Kapasitesi	4–7,5 kg/saat
Malzeme	AISI 304 Paslanmaz Çelik
Tahmini Prototip Maliyeti	18.000-20.000 TL
Presleme Yöntemi	Vidalı Soğuk Pres

Tablo 1. Tasarlanan Fıstık Yağı Çıkarma Makinesine Ait Teknik Özellikler

3. BULGULAR

- Yapılan mühendislik hesaplamaları sonucunda sistem için 0,50 kW gücünde elektrik motorunun yeterli olduğu belirlenmiştir.
- 1/40 tahvil oranlı redüktör kullanılarak presleme işlemi için gerekli yüksek tork elde edilmiştir.
- Analizler sonucunda makinenin yaklaşık 4-4,5 kg/saat fıstık işleme kapasitesine ulaşabileceği belirlenmiştir.

Ürünle temas eden tüm parçalar için AISI 304 paslanmaz çelik seçilerek gıda güvenliği şartları sağlanmıştır. Tasarımın yaklaşık prototip maliyeti 18.000-20.000 TL olarak hesaplanmış olup, bu maliyetin bileşenlere göre dağılımı Şekil 3'te yer alan Fıstık Yağı Çıkarma Makinesi Maliyet Analizi grafiğinde detaylandırılmıştır. Kimyasal çözücü kullanılmadan doğal yağ üretimi sağlanırken, ortaya çıkan küspe ekonomik değere sahip bir yan ürün olarak değerlendirilebilmektedir. Elde edilen sonuçlar, tasarımın küçük ölçekli üreticiler için ekonomik ve uygulanabilir bir çözüm olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Fıstık Yağı Çıkarma Makinesi Maliyet Dağılımı Grafiği

4. SONUÇLAR

Yer fıstığından yağ elde etmek amacıyla vidalı pres prensibine sahip bir yağ çıkarma makinesi başarıyla tasarlanmıştır. Yapılan mühendislik hesaplamaları ve analizler sonucunda tasarımın güvenli ve verimli şekilde çalışabileceği belirlenmiştir. Sistem, yaklaşık 4–4,5 kg/saat işleme kapasitesi ile küçük ölçekli üreticilerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek niteliktedir. Gıda ile temas eden yüzeylerde AISI 304 paslanmaz çelik kullanılarak hijyen ve gıda güvenliği şartları sağlanmıştır. Tasarımın yerli imalat yöntemleriyle üretilebilmesi ve düşük enerji tüketimi sayesinde ekonomik bir çözüm sunduğu değerlendirilmiştir. Kimyasal çözücü kullanılmadan doğal yağ üretimi gerçekleştirilmesine olanak sağlayan sistem, çevresel sürdürülebilirlik açısından da avantaj sağlamaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. Oil Pressing. Fıstık Yağı Presinin Özellikleri. **[İnternet]** 2024. Erişim adresi: https://www.oilpressing.org/tr/characteristics-of-peanut-oil-press.html.
2. 4. Ulimac. Yağ Pres Makinasının 5 Önemli Avantajı. **[İnternet]** 2024. Erişim adresi: https://ulimac.com/tr/yag-pres-makinasi-5-onemli-avantaji/.
3. 5. Shukla, B. D., et al. "Oilseeds processing technology.
4. 3. Demirbaş Makina. Soğuk Pres Yağ Makinesi Nedir ve Nasıl Kullanılır. **[İnternet]** 2024. Erişim adresi: https://www.demirbasmakina.com/soguk-pres-yag-makinesi-nedir-ve-nasil-kullanilir.

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

HİDROLİK PRESLE ZEYTİN SIKMA MAKİNESİ

Şeref Metehan KARAHAN, Kemal Emirhan YAZICI,
408248@ogr.ktu.edu.tr
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Yücel Özmen ; yozmen@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Hidrolik zeytin sıkma sistemi, zeytinlerden yağ elde etme sürecini daha ekonomik, basit ve kullanıcı tarafından kolay uygulanabilir bir yapıya dönüştürmek amacıyla tasarlanmıştır. Küçük ölçekli üreticilerin yüksek maliyetli ve karmaşık endüstriyel sistemlere bağımlılığını azaltmak için manuel kontrol edilebilen bir pres mekanizması tercih edilmiştir. Tasarım sürecinde sistemin dayanıklı, güvenli ve üretim açısından kolay imal edilebilir bir yapıya sahip olması temel alınmıştır.

Zeytinyağı üretim teknolojileri incelendiğinde, mevcut endüstriyel sistemlerin çoğunlukla yüksek enerji gereksinimi ve karmaşık mekanik yapılardan oluştuğu görülmektedir. Bu durum özellikle küçük üreticiler için yatırım ve işletme maliyeti açısından sınırlayıcı olmaktadır. Bu çalışmada hidrolik kriko yardımıyla kontrollü bir sıkma kuvveti oluşturulmuş ve zeytinlerin sıkım haznesi içerisinde preslenmesi sağlanmıştır. Presleme sırasında oluşan yağ, filtre sistemi aracılığıyla posadan ayrılarak düzenli bir şekilde tahliye edilmiştir.

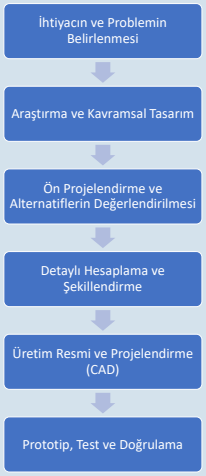
Ortaya konulan sistem, endüstriyel çözümlere alternatif olarak daha ulaşılabilir bir üretim yöntemi sunmaktadır. Düşük maliyetli ve sade yapısı sayesinde bireysel kullanıcılar ve küçük üreticiler için uygulanabilir bir çözüm niteliği taşımaktadır. Ayrıca yerel üretimi destekleyen pratik ve sürdürülebilir bir yaklaşım ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Hidrolik Presli Zeytin Sıkma Makinesi

2. YÖNTEM

Zeytin sıkma makinesinin geliştirilme süreci, mühendislik hesaplamaları ve CAD tasarımı ile başlayıp imalat ve montaj aşamalarıyla devam etmiştir. Prototip üretiminin ardından yapılan testlerde sistemin çalışma performansı, yağ çıkışı ve yapısal kararlılığı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, sistemin temel çalışma prensibini başarıyla gerçekleştirdiğini göstermiştir.



Şekil 2. Hidrolik Presle Zeytin Sıkma Makinesi Tasarım Aşamaları

3. BULGULAR

Yapılan çalışmalarda zeytinler doğrudan sıkım yatağına yerleştirilmiş ve hidrolik mekanizma kullanılarak presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulama sürecinde sistemin manuel kontrol ile çalıştığı ve presleme sırasında mekanik olarak stabil bir davranış sergilediği gözlemlenmiştir.

Presleme sonucunda oluşan yağın delikli filtre üzerinden ayrıldığı ve tahliye kanalı aracılığıyla sistem dışına yönlendirildiği görülmüştür. Yapılan gözlemlerde filtre yapısının yağın katı fazdan ayrılmasında etkili olduğu, ancak zeytinlerin ön kırma işlemine tabi tutulmaması nedeniyle hücresel yapının tam olarak parçalanamamasının yağ verimini sınırladığı tespit edilmiştir. Ayrıca sistemin sökülüp takılabilir yapısı sayesinde temizlik işlemlerinin kolay şekilde gerçekleştirilebildiği ve bir sonraki kullanım için hızlı hazırlık imkânı sağladığı belirlenmiştir.

Genel değerlendirmede sistemin düşük maliyetli, basit, uzun ömürlü ve taşınabilir yapısıyla küçük ölçekli kullanım için uygun olduğu görülmüştür. Elektrik gerektirmeden çalışabilmesi önemli bir avantaj oluştururken, kullanım açısından pratik ve uygulanabilir bir yapı sunduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 2. Hidrolik Presli Zeytin Sıkma Makinesinin Modüler Yapısı

4. SONUÇLAR

Sistem, küçük ölçekli zeytin işleme ihtiyacına yönelik olarak hidrolik bir pres mekanizması şeklinde geliştirilmiş ve prototip olarak başarıyla çalışır hale getirilmiştir.

Yapılan tasarım ve deneysel çalışmalar sonucunda, makinenin düşük maliyetli, taşınabilir ve modüler yapısıyla pratik kullanım sunduğu; zeytinlerin sıkım yatağında etkili şekilde preslenerek yağın filtre sistemi üzerinden kontrollü biçimde ayrıştırılabildiği gözlemlenmiştir.

Deneysel sonuçlara göre sistemin manuel kriko ile yeterli presleme performansı sağladığı, işlemin kısa sürede ve kararlı şekilde gerçekleştirilebildiği belirlenmiştir.

Parçaların sökülüp takılabilir yapısı sayesinde temizlik ve bakım işlemlerinin kolaylıkla yapılabildiği ve sonraki kullanım için hızlı hazırlık imkânı sunduğu görülmüştür.

Genel olarak sistemin küçük üretim için uygulanabilir bir çözüm olduğu, elektrik enerjisine ihtiyaç duymadan çalışmasının önemli bir avantaj sağladığı ve düşük maliyetli yapısıyla kullanıcıya ekonomik katkı sunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte yağ veriminin artırılmasına yönelik geliştirmelere açık bir prototip olduğu değerlendirilmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. Kılıçkan, A. ve Güner, M., Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (Olea europaea L.) under compression loading, *Journal of Food Engineering*, 87 (2008) 222–228.
2. Niaounakis, M. ve Halvadakis, C.P., Olive oil history, production and by-product management, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 5 (2006) 1–26.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ
CEVİZ SOYMA MAKİNESİ TASARIMI PROJESİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

ÖĞRENCİ 1. Mahmut Eren KARATAŞ*, ÖĞRENCİ 2. Metin KURT
: *mahmuteren0279@gmail.com
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Yücel ÖZMEN*, Arş. Gör. Dr. Tekmile CÜREBAL
: *yucel.ozmen@gmail.com

1. GİRİŞ

Bitirme projesi kapsamında geliştirilen ceviz soyma makinesi, cevizlerin dış kabuklarının hızlı, güvenli ve verimli şekilde ayrılmasını sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. İş gücünü azaltarak üretim verimini artıran sistemin tasarımında; dayanıklı mekanik yapı, kullanıcı güvenliği ve enerji verimliliği ön planda tutulmuştur.

Taşkın ve Vardar[1], tarımsal üretimde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının maliyetleri azalttığını, fosil yakıtlara bağımlılığı düşürdüğünü ve özellikle güneş enerjili sistemlerin kırsal alanlarda etkin çözümler sunduğunu belirtmektedir. İlgili literatür verileri doğrultusunda projede çevreci bir yaklaşım benimsenerek enerji ihtiyacı güneş paneli sistemi ile desteklenmiştir. Ayrıca uygulanan ses yalıtımı sayesinde çalışma gürültüsü azaltılarak daha konforlu bir kullanım sağlanmıştır.

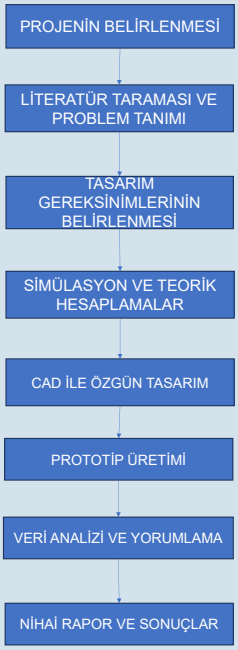
Ortaya konan çalışma doğrultusunda yerli üretime katkı sağlayan, sürdürülebilir ve pratik bir tarım makinesi geliştirilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 1. Makinenin Önden Görünüşü

2. YÖNTEM

Ceviz soyma makinesinin geliştirilmesinde izlenen yöntem ve tasarım aşamaları Şekil 2'deki diyagramda sunulmuştur. Proje süreci; teorik hesaplamalar ve simülasyon çalışmalarına dayalı CAD modellemesi ile başlamış, ardından prototip imalatı ve montaj işlemleriyle devam etmiştir. Geliştirilen sistemin işlevsel doğrulaması adına yapılan soyma verimi, gürültü ve enerji testlerinden elde edilen verilerin analiz edilmesiyle çalışma tamamlanmıştır.



Şekil 2. Tasarım Aşamalarının Diyagramı

3. BULGULAR

Cevizlerin statik ve dinamik yükler altındaki mekanik davranışlarını inceleyen Karami[2], yeşil kabuğun soyulması için gerekli kırılma kuvvetlerini analiz etmiş ve soyma kalitesinin rotor devri ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Yapılan tasarım ve deneysel çalışmalar sonucunda geliştirilen ceviz soyma makinesinin 28 L tambur hacmine sahip olduğu ve tek seferde yaklaşık 15 kg ceviz işleyebildiği belirlenmiştir. Sistem 186 devir/dk hızda çalıştırıldığında, cevizlerin yeterli sürtünme ve çarpma etkisiyle etkin şekilde soyulduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca 15 kg ceviz yükü altında ortalama soyma süresinin 7–8 dakika aralığında gerçekleştiği ve bu süreçte yüksek soyma verimi ile ürün bütünlüğünün korunduğu tespit edilmiştir. Güneş enerjisi ile çalışabilme özelliği sayesinde elektrik şebekesine bağımlılığın azaldığı, ayrıca ses yalıtımı ve kapalı çalışma sistemi ile çalışma ortamındaki gürültü seviyesinin düşürüldüğü belirlenmiştir. Makineye uygulanan ses yalıtım süngeri sayesinde çalışma esnasındaki gürültü seviyesi 70 dB civarından 60-65 dB seviyesine indiği ve bu iyileştirmenin kullanıcı konforunu artırarak çalışma ortamındaki ses kirliliğini önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Makinenin Üstten Görünüşü

4. SONUÇLAR

Bu proje kapsamında geliştirilen ceviz soyma makinesi, yüksek verimlilik, enerji tasarrufu ve kullanıcı konforu esas alınarak tasarlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda sistemin belirlenen çalışma koşullarında etkili bir soyma performansı gösterdiği ve cevizlerin kısa sürede işlenebildiği görülmüştür.

Güneş enerjisi destekli yapı sayesinde sistemin enerji açısından daha sürdürülebilir hale geldiği, ses yalıtımı uygulamaları ile ise çalışma ortamındaki gürültünün azaltıldığı belirlenmiştir.

Genel olarak makinenin hem tarımsal kullanım için uygun hem de çevre dostu bir çözüm sunduğu sonucuna ulaşılmıştır

5. KAYNAKLAR

1. Taşkın, O., ve Vardar, A., Tarımsal Üretimde Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı, U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 30(1) (2016) 179-184.

2. Karami, N., Parameters Involved in Walnut Peeling Process, Journal of Agricultural Machinery (Dergi Park), 1(2) (2011) 390-396.

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MM 4006 BİTİRME PROJESİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

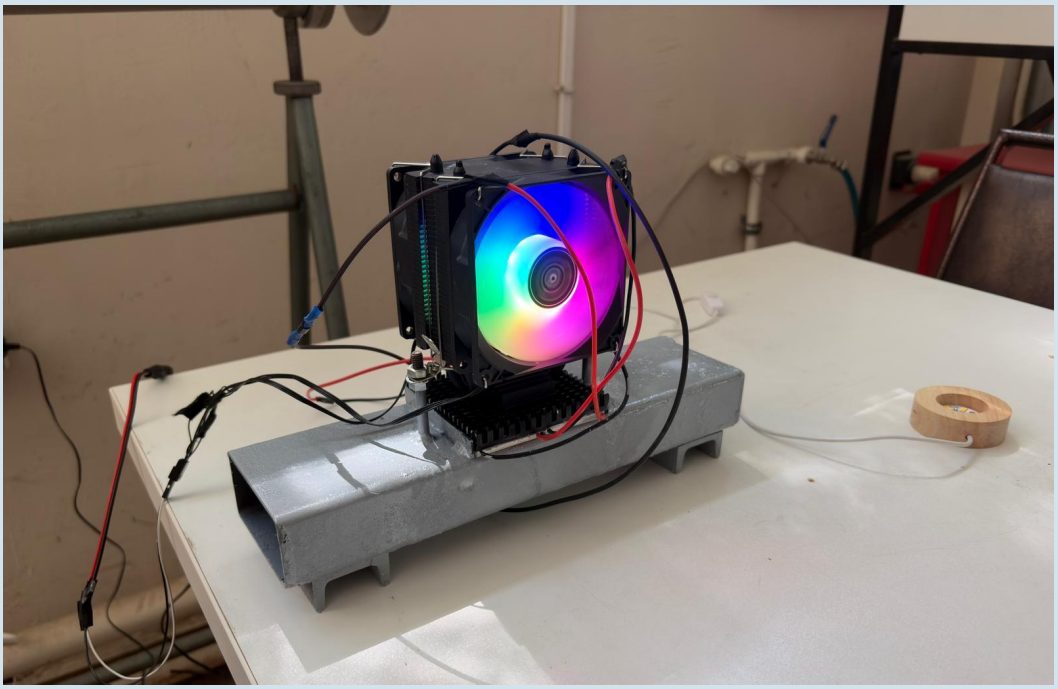
TAŞIT EGZOZ GAZINDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Proje Öğrencisi: Emre ÇOKLUK
Proje Öğrencisi: Kürşat Yasin DEĞİRMENCİ
emrecokluk@hotmail.com - kyddegir@gmail.com

Proje Danışmanı: Prof. Dr. Yücel ÖZMEN

GİRİŞ

- Enerji ihtiyacının her geçen gün artması ve fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması, mevcut enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasını gerekli hale getirmiştir. İçten yanmalı motorlarda kullanılan yakıt enerjisinin önemli bir kısmı faydalı işe dönüşmeden egzoz gazları ve çeşitli ısı kayıpları şeklinde çevreye atılmaktadır. Bu durum hem enerji verimliliğinin düşmesine hem de çevresel etkilerin artmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada, araç egzoz sistemlerinde ortaya çıkan atık ısının geri kazanılması amacıyla termoelektrik jeneratör teknolojisi ele alınmıştır. Termoelektrik jeneratörler, iki yüzeyi arasında oluşan sıcaklık farkını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilen sistemlerdir[1]. Proje kapsamında egzoz gazlarından elde edilen ısı enerjisinin termoelektrik modüller aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesi hedeflenmiştir. Çalışmada öncelikle konu ile ilgili literatür araştırması yapılmış [3], mevcut sistemler incelenmiş ve uygun bir sistem tasarımı geliştirilmiştir. Ardından sistemin çalışma prensibi değerlendirilmiş, prototip tasarımı oluşturulmuş ve enerji geri kazanım potansiyeli analiz edilmiştir. Tasarlanan sistemin [Şekil 1] enerji verimliliğinin artırılmasına, yakıt tüketiminin azaltılmasına ve sürdürülebilir enerji kullanımına katkı sağlayabileceği öngörülmektedir[2].



Şekil 1: Taşıt egzoz gazından termoelektrik jeneratör sistemi ile elektrik enerjisi üreten sistem

YÖNTEM

ARAŞTIRMA AŞAMASI
- Termoelektrik jeneratör (TEJ) teknolojileri incelendi [1].
- Egzoz gazlarından enerji geri kazanımı üzerine yapılan çalışmalar araştırıldı.

SİSTEM TASARIM AŞAMASI
- Taşıt egzoz hattına entegre edilebilecek TEJ sistemi tasarlandı.
- Uygun termoelektrik modül ve malzemeler seçildi.

PROTOTİP ÜRETİM AŞAMASI
- Sistem bileşenleri temin edildi.
- Deney düzeneği oluşturuldu ve montaj gerçekleştirildi [Şekil 1].

TEST VE ÖLÇÜM AŞAMASI
- Farklı sıcaklık değerlerinde sistem performansı incelendi.
- Voltaj ve güç üretim değerleri gözlemlendi.

VERİ ANALİZ AŞAMASI
- Elde edilen sonuçlar değerlendirildi.
- Sistemin geliştirilmesi gereken noktaları belirlendi.

SONUÇLAR

- Egzoz gazlarında bulunan atık ısının enerji geri kazanımında kullanılabileceği görülmüştür.
- Termoelektrik jeneratörler, hareketli parça içermemeleri nedeniyle güvenilir bir çözüm sunmaktadır.
- Sistem, araçlarda enerji verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir.
- Gelecekte daha yüksek verimli modüller ve optimize edilmiş ısı değiştiriciler ile performans artırılabilir.

Bu çalışma ile geliştirilen termoelektrik jeneratör sistemi, taşıt egzoz atık ısısının geri kazanımı konusunda kompakt ve maliyet açısından etkin bir çözüm sunmaktadır. Elde edilen bulgular, sistemin araç alternatörünün yükünü hafifleterek yakıt tüketimini azaltabileceğini göstermektedir.

BULGULAR

•Geliştirilebilir Altyapı ve Esnek Bütçe Planlaması: Bitirme projesi sonucunda ortaya çıkan sistemin son halinde [Şekil 1] kalmayıp, gelişmeye oldukça açık bir yapıda olduğu tespit edilmiştir. Tasarımın altyapısına ve hedeflenen kalite standartlarına bağlı olarak sistemde kullanılacak malzemelerin farklılık gösterebileceği anlaşılmıştır. Bu sebeple sistemin parçaları birbirleriyle değiştirilebilir özellikte tasarlanmış ve buna uygun esnek bir bütçe stratejisi belirlenmiştir.

•Darbelere Karşı Dayanıklılık ve Güvenlik: Sistem, yalnızca enerji üretimi odaklı değil, aynı zamanda fiziksel güvenlik şartları da gözetilerek tasarlanmıştır. Taşıtlarda kullanılması planlanan bu sistemin, olası bir çarpma, darbe veya kaza anında parçalarının görebileceği hasarı en aza indirecek yapısal bir tasarıma sahip olması sağlanmıştır.

•Ağırlık Optimizasyonu ile Araç Dengesinin Korunması: Taşıtlara eklenecek ekstra yüklerin, araç dinamiği ve dengelemesi açısından problemler yaratabileceği öngörülmüştür. Bu riski ortadan kaldırmak amacıyla tasarım aşamasında sıkı bir ağırlık optimizasyonu yapılmış, sistemin işleyişine doğrudan katkı sağlamayan gereksiz parça kullanımından kaçınılarak toplam ağırlık olabildiğince düşük seviyede tutulmuştur.

•Çevresel Faktörlerin (Rüzgar) Performansa Etkisi: Sistemin temel çalışma prensibi olan ısı transferinin sağlıklı ve stabil bir şekilde gerçekleşebilmesi için çevresel faktörlerin önemi vurgulanmıştır. Rüzgarlı hava koşullarının, sistemin elektrik üretmek için ihtiyaç duyduğu "sıcaklık farklarının" (gradyan) oluşumunu engelleyebileceği ve bu durumun da sistemin çalışmasını sekteye uğratabileceği gözlemlenmiştir. Bu yüzden performans ölçümlerinin ve testlerin rüzgar almayan, daha korunaklı ortamlarda gerçekleştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

•Tamamen Çevre Dostu ve Sıfır Atık Yaklaşımı: Geliştirilen projenin çevreyle olan etkileşimi detaylı bir şekilde incelendiğinde, doğaya son derece duyarlı bir sistem olduğu kanıtlanmıştır. Sistemin çalışması esnasında doğaya zarar verebilecek herhangi bir zararlı gaz emisyonu (hava kirliliği) olmadığı gibi; çevreye salınan herhangi bir katı veya sıvı atık oluşumu da söz konusu değildir.

KAYNAKLAR

1. EREL, Ş., Erel, G.K., " Enerji dönüşüm sistemlerinde termoelektrik dönüştürücülerin kullanımı", 21. Yüzyılın Başında II. Kırıkkale Sempozyumu, Cilt I, 336 -337, Kırıkkale, 2008.
2. Temizer, İlker & İlkılıç, Cumali, 2016. «The performance and analysis of the thermoelectric generator system used in diesel engines.» Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 63(C), pages 141-151.
3. Alam, M. T., Anowar, T. I., Ashiquzzaman, Dhali, F. ve Niloy, S. (2024). Electricity generation from exhaust steam of a steam turbine generator. *Journal of Electrical & Power System Engineering, 10*(1).

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

BİYODİZEL/DİZEL YAKITI KARIŞIMI İLE ÇALIŞABİLEN (100-120) KW GÜCÜNDE ÇEVRECİ VE HAFİF BİR MİNİBÜS MOTORUNUN PİSTON TASARIMI

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

Davut ANDİÇ *, Melih TATLISU
* : andicdavut5@gmail.com
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Zehra ŞAHİN; zsahin@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

Artan enerji talebi ve fosil yakıtların çevresel etkileri, içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt kullanımını ve verimlilik odaklı tasarımları zorunlu kılmaktadır. Bu projenin amacı; %20 biyodizel (B20) karışımıyla çalışabilen, yüksek verimli ve yaklaşık 110 kW gücünde çevre dostu bir hafif ticari araç (minibüs) motorunun termodinamik ve dinamik tasarımını gerçekleştirerek optimum piston modelini ortaya koymaktır.

2. YÖNTEM

Proje kapsamında hedeflenen motor performansı ve B20 yakıtının özellikleri doğrultusunda, teorik termodinamik çevrimlerden başlanarak nihai makine elemanı boyutlandırmasına kadar ardışık bir mühendislik tasarım metodolojisi izlenmiştir.

2.1. Motor Ana Boyutlarının Ön Hesabı

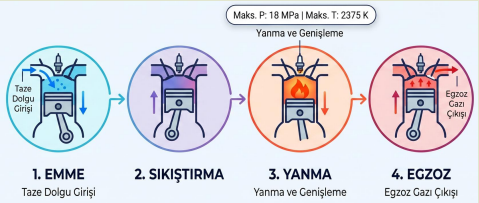
Referans motorlardan alınan başlangıç parametreleriyle (Tablo 1); B20 yakıtlı, 4 silindirli, 16,5 sıkıştırma oranlı ve 3500 d/dk devirli motorun 110 kW güce ulaşması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda; ortalama efektif basınç (1,6 - 2,0 MPa), piston hızı (10 - 13 m/s) ve strok/çap oranı (1,0 - 1,2) sınırları değerlendirilerek motor ön boyutları MATLAB ortamında hesaplanmıştır.

Tablo 1. Başlangıç Parametreleri ve Aralıkları

Motorun Tipi	Minibüs Dizel Motoru
Devir Sayısı	3500 d/dk
Silindir Sayısı	4
Sıkıştırma Oranı	16,5
Motor Gücü	110 kW
Yakıt Türü	%20 Biyodizel ($C_{19}H_{35,2}O_2$) + %80 Dizel ($C_{12,3}H_{22,2}$)
Ortalama Efektif Basınç	(1,6 ÷ 2,0) MPa
Ortalama Piston Hızı	(10,0 ÷ 13,0) m/s
Strok / Çap	H/D = (1,0 ÷ 1,2)

2.2. Termik Hesaplar

B20 yakıtı stokiyometrisiyle yapılan çevrim analizlerinde, politropik üsler Newton-Raphson yöntemiyle hesaplanmıştır. Maksimum yanma basıncı (P_z) 18 MPa, sıcaklığı (T_z) 2375 K, efektif verim %32,8 ve ortalama efektif basınç (P_{me}) 1,9 MPa bulunarak, hedeflenen güce ulaşmak için gerekli termodinamik kapasite teorik olarak doğrulanmıştır. Ardından indikatör diyagramı çizilmiştir.

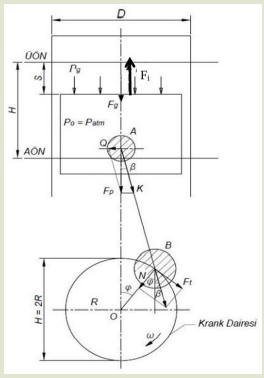


Şekil 1. 4 Zamanlı Dizel Çevrimi Şeması

2.3. Dinamik Hesaplar

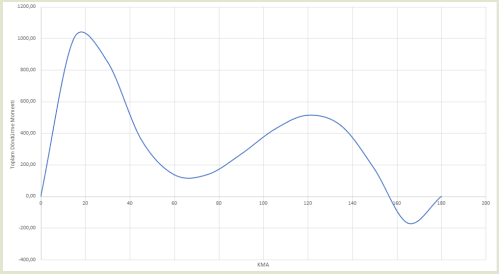
Krank-biyel mekanizmasının kinematiği incelenerek, hareketli kütlelere etki eden gaz ve atalet kuvvetleri 15°'lik krank mili açısı (KMA) artışlarıyla hesaplanmıştır.

Bileşke kuvvetler üzerinden sistemin toplam döndürme momenti eğrisi çıkarılmış; Trapez ve Simpson (1/3) yöntemleriyle sayısal integrasyon yapılarak hedeflenen 110 kW efektif güç teorik olarak doğrulanmıştır.



Şekil 2. Piston-Biyel-Krank Mekanizmasına Yanma Sonunda Etki Eden Kuvvetler ve Bileşenlerine Ayrılması

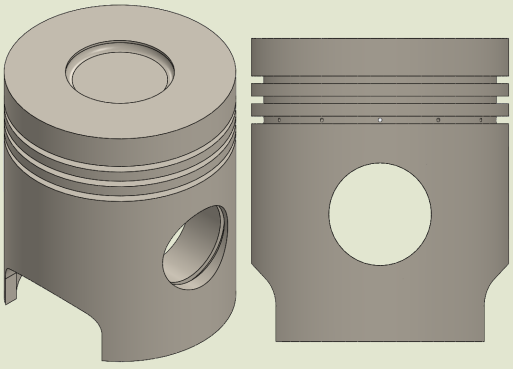
Toplam döndürme momenti, motorun ateşleme sırası ve krank düzeni dikkate alınarak tüm silindirlerde oluşan anlık momentlerin toplanmasıyla elde edilmiştir.



Şekil 3. Toplam Döndürme Momentinin Krank Mili Açısına Göre Değişimi

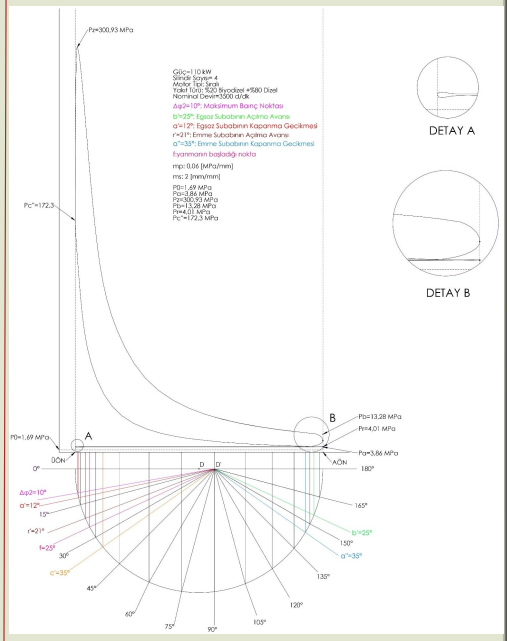
2.4. Piston Tasarımı

Motor teorisi temel alınarak ampirik formüllerle pistonun boyutları hesaplanmış ve elde edilen bu verilere göre pistonun detaylı teknik resmi oluşturulmuştur.



Şekil 4. Pistonun CAD Görseli

3. BULGULAR



Şekil 5. İndikatör Diyagramı

4. SONUÇLAR



Şekil 6. Dört Silindirli Krank-Biyel-Piston Mekanizması Prototipi

5. KAYNAKLAR

1. Soysal, C., Şahin, Z. ve Durgun, O. (2023). Investigation of the effects of the using biodiesel and biodiesel/diesel fuel blends on combustion, engine performance, and exhaust emissions in a diesel engine. İçinde Uluslararası Katılımlı 24. Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi (ULIBTK'23) (Cilt 1), ss. 275-287.
2. Gülüm, M., 2014. Çeşitli Üretim Parametrelerinin Mısır ve Fındık Yağından Üretilen Biyodizellerin Önemli Yakıt Özelliklerine Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
3. Durgun O (2022) İçten Yanmalı Motorlar, Temel İlkeler, 2. Basım, Istanbul, TMMOB Gemi Mühendisleri Odası.

Destekleyen kurum/kuruluş/firma : Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A projeleri desteği kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Haziran 2026

KTÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 4006 BİTİRME PROJESİ

EV TİPİ 5 LİTRE KAPASİTELİ VE HİJYENİK PALET TASARIMLI YAYIK MAKİNESİ PROTOTİPİ ÜRETİMİ

T.C.
KARADENİZ
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği
MF

Emir Can YANBUL , Ömer VATAN
yanbulemircan@gmail.com
Proje Danışmanı : Prof. Dr. Zehra ŞAHİN ; zsahin@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ

- Sağlıklı beslenme bilinci, geleneksel tereyağı üretimini ev ortamına taşıyan kompakt cihazlara (yayık makinesi) yönelik tüketici talebini hızla artırmaktadır.
- Piyasadaki küçük kapasiteli (5-10 Lt) cihazlarda maliyet odaklı plastik parça kullanımı yaygındır. Laktik asit ve temizlik aşındırmaları sonucu plastik yüzeylerde oluşan mikro-çizikler, bakteri yuvalanmasına ve ciddi hijyen zafiyetlerine neden olmaktadır.
- Geleneksel cihazlardaki cıvatalı ve kamalı palet bağlantıları, akışkanın ulaşamadığı "ölü noktalar" (dead zones) yaratarak manuel temizliği zorlaştırmaktadır .
- Bu projenin amacı; uluslararası EN 1672-2 gıda güvenliği standartlarına uygun , sızdırmazlık ve temizlik kriterlerini en üst düzeyde karşılayan, aletsiz sökülebilir mekanizmaya sahip %100 paslanmaz çelik bir prototip geliştirmektir.



Şekil 1. Üretilmiş Prototip

2. YÖNTEM

- **Malzeme ve Hijyen:** Gıda ile temas eden tüm yüzeyler (kazan cidarı, karıştırıcı mil ve palet), korozyon direnci ve yüksek yüzey kalitesi (Ra < 0.8 µm) sağlaması amacıyla AISI 304 paslanmaz çelik sacdan imal edilmiştir.
- **Özgün Kilit Mekanizması:** Paletin mil üzerine bağlantısı, anahtar veya tornavida kullanımını ortadan kaldıran "D-Profil" mil ucu ve eksenel sabitleme sağlayan 3 mm çapında paslanmaz "R-Pimi" ile tasarlanmıştır.
- **Akış ve Türbülans Optimizasyonu:** Sıvının kazanla birlikte blok halinde dönmesini engellemek için iç cidara dikey formda "dalga kıran (baffle)" kaynatılmış; palet kanatlarına verilen 15° büküm açısı ile hem radyal hem eksenel yönde şiddetli türbülans yaratılması hedeflenmiştir.
- **Güç Aktarım Kinematiği:** 220V şebeke uyumlu, 250 W gücünde ve 1400 d/dk nominal hıza sahip asenkron motor seçilmiştir. Bu hız, Ø55 mm ve Ø110 mm kasnakların kullanıldığı 1:2 oranlı tek kademeli V-kayış mekanizması ile ideal yayma devri olan 700 d/dk'ya düşürülmüştür.



Şekil 2. Kazanın İç Görünümü

3. BULGULAR

- **Geometrik Hacim Doğrulaması:** Ø180 mm iç çap ve 200 mm net sıvı yüksekliği ile hedeflenen 5,09 litrelik işletme hacmi elde edilmiştir . Kazan yüksekliği 210 mm tutularak, sistemde %15 oranında güvenli sıçrama payı (serbest hacim) bırakılmıştır.
- **Kinematik Performans:** Güç aktarım sistemi üzerinden karıştırıcı mile iletilen maksimum çalışma torku 9,55 Nm olarak hesaplanmış, kayış hızı ise 2,19 m/s olarak tespit edilmiştir.
- **Yapısal Mukavemet Analizi:** Ø10 mm çapındaki paslanmaz çelik karıştırıcı milin, maksimum yük altında 11,6 MPa burulma gerilmesine maruz kaldığı saptanmıştır. Malzemenin 40 MPa olan emniyetli kayma gerilmesi baz alındığında, sistemin S = 3,4 emniyet katsayısı ile güvenli bölgede çalıştığı kanıtlanmıştır.
- **Zaman ve Ergonomi Etüdü:** Piyasadaki standart cıvatalı modellerde ortalama 5-7 dakika süren söküm ve temizlik hazırlık işlemi, geliştirilen R-Pimi mekanizması sayesinde 10 saniyenin altına indirilmiştir.

Tablo 1. Performans Verileri

Parametre	Birim	Elde Edilen Değer
Çıkış Devri (n2)	d/dk	700
Çevrim Oranı (i)	-	2
Mil Torku (T)	Nm	9,549
Kayış Hızı (v)	m/s	2,19

4. SONUÇLAR

- Ev tipi yayık makinesinin tüm mekanik, kinematik ve mukavemet analizleri doğrulanarak, öngörülen 5000 TL bütçe içerisinde fiziksel prototip imalatı başarıyla tamamlanmıştır.
- Elektrik motoru ve kayış-kasnak tahrik sistemi, olası sıvı taşmalarına karşı IP izolasyon konseptine uygun olarak kapalı siyah alt şase (kabin) içerisine gizlenmiştir.
- 700 d/dk hızda dönen asimetrik sıvı kütlesinin yaratacağı merkezkaç ve vibrasyon kuvvetleri, şase tabanına eklenen kauçuk sönümleyici takozlar ile başarıyla izole edilmiştir.
- Kazan tabanına entegre edilen paslanmaz tahliye musluğu, yayık altı suyunun (ayran) makineyi devirmeden hijyenik ve ergonomik şekilde boşaltılmasını sağlamıştır.
- **Gelecek Vizyonu:** Seri üretime uygun bu tasarımın ileri versiyonlarında; işlem sıcaklığını optimize edecek termoelektrik (Peltier) soğutucuların ve tereyağı oluştuğunda artan viskoziteyi algılayıp sistemi otomatik kapatan akım sensörlerinin entegrasyonu önerilmektedir .

Tablo 2. Prototip Maliyeti

Parça Adı	Malzeme / Özellik	Adet	Birim Maliyet (TL)
Kazan	AISI 304 Paslanmaz Çelik (1,5 mm)	1	1000
Motor	250W Asenkron, 1400 d/dk	1	1500
Kasnak Seti	Alüminyum (Ø30-Ø168)	1	500
Karıştırıcı Mil	AISI 304 Paslanmaz (Ø10mm)	1	350
Karıştırıcı Bıçak	AISI 304 Paslanmaz (2 mm)	1	300
Bağlantı Elemanları	R-Pimi, Rulman, Kayış	-	350
İşçilik	Kaynak ve Diğer İşlemler	-	1000
GENEL TOPLAM			**5000 TL**

5. KAYNAKLAR

- Çuvalcı, O. (2024). Makine Elemanları Tasarımı (Cilt 1 ve 2). Nobel Akademik Yayıncılık.
- TS EN 1672-2: (2009). Gıda İşleme Makinaları - Bölüm 2: Hijyen Kuralları. TSE.
- Bylund, G. (1995). Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Processing Systems AB.