

KAZICI YÜKLEYİCİ İŞ MAKİNELERİNDE HİDROLİK JOYSTİCKLERE YÜZDÜRME VE KAZIYA GERİ DÖNÜŞ FONKSİYONLARI KABİLİYETİNİN KAZANDIRILMASI

Sertaç KARASOY
Fatma ÖZ

ÖZET

Bu çalışmada, kazıcı-yükleyici iş makinelerinde operatör destekli (asist) sistemler kapsamında kazıya geri dönüş (return-to-dig) ve yüzdürme (floating) fonksiyonlarının, hidrolik sistem tasarımı ve kontrol algoritması ile devreye alınması incelenmiştir. Mevcut uygulamalarda söz konusu fonksiyonlar genellikle joystick üzerine entegre edilen mıknatıslar aracılığıyla sağlanmakta, bu ise hem maliyetleri artırmakta hem de tüm joystick modellerine uygulanabilir olmaması nedeniyle tasarımda kısıt oluşturabilmektedir.

Bu kapsamda, mıknatıs tabanlı çözümlere alternatif olarak geliştirilen bir hidrolik devre tasarımı ve buna entegre edilen yazılım algoritması ile söz konusu fonksiyonların operatör joysticki üzerinden düşük maliyetle ve esnek bir şekilde devreye alınması sağlanmıştır. Geliştirilen sistem, farklı joystick yapılarına uyumlu olacak şekilde tasarlanmış olup, saha testleri ve performans değerlendirmeleriyle fonksiyonel yeterliliği doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asist sistemler, kazıya geri dönüş, yüzdürme, Hidrolik sistem, joystick,

ABSTRACT

This study investigates the implementation of return-to-dig and float functions within operator-assisted systems in backhoe loaders through hydraulic system design and control algorithms. In current applications, these functions are typically achieved via magnets integrated into the joystick. However, this approach leads to high costs and imposes design limitations due to incompatibility with all joystick models.

As an alternative to magnet-based solutions, a new hydraulic circuit design and an integrated control algorithm were developed in this study, enabling the activation of these functions through the operator joystick in a cost-effective and flexible manner. The system was designed to be compatible with various joystick configurations, and its functional performance was successfully validated through field tests and performance evaluations.

Key Words: Assist systems, return-to-dig, floating, hydraulic system, joystick

1. GİRİŞ

Kazıcı yükleyici makineler, günümüzde inşaat, altyapı ve tarım gibi birçok sektörde yaygın olarak kullanılmakta olup; artan iş hacmi ve kalite beklentileri doğrultusunda daha verimli, güvenli ve akıllı sistemlerle donatılmaktadır. Bu doğrultuda geliştirilen operatör destekli (asist) sistemler, makine performansını, iş güvenliğini ve operasyonel verimliliği artıran kritik teknolojik bileşenler haline gelmiştir. [1]

Operatör destekli sistemler, kazı ve yükleme işlemlerinin daha hızlı, hassas ve tutarlı biçimde gerçekleştirilmesini sağlayarak iş süreçlerinin optimize edilmesine katkıda bulunur. Otomatik veya yarı otomatik fonksiyonlar sayesinde operatörün manuel olarak gerçekleştirilmesi gereken karmaşık hareketler azalmakta; bu da hem yorgunluğun önüne geçmekte hem de hata riskini minimize etmektedir.

Özellikle zorlu, yoğun tempolu veya riskli çalışma koşullarında bu sistemler, operatör konforunu ve iş güvenliğini önemli ölçüde artırmaktadır. [2]

Joystick üzerine entegre edilen destekli fonksiyonlar sayesinde kazı derinliği, yönü ve pozisyonu daha hassas bir şekilde kontrol edilebilmekte; böylece hem malzeme kayıpları azaltılmakta hem de yüzey kalitesi iyileştirilmektedir. Ayrıca bu sistemler, operasyon süresini kısaltarak yakıt tüketimi, iş gücü ihtiyacı, bakım maliyetleri ve makine aşınması gibi faktörlerde önemli tasarruflar sağlamaktadır.

Yeni nesil operatör destekli sistemler; hidrolik, elektronik ve yazılım teknolojilerinin entegre kullanımıyla gelişmiş kontrol kabiliyetleri sunmakta, kazıcı yükleyici makinelerin daha akıllı, güvenilir ve kullanıcı dostu hale gelmesini mümkün kılmaktadır. Bu yönüyle, söz konusu sistemler günümüz iş makinelerinde vazgeçilmez teknolojik çözümler arasında yer almaktadır.

Bu bağlamda, kazıcı yükleyici makinelerde yaygın olarak kullanılan yüzdürme (float) ve kazıya geri dönüş (return-to-dig) fonksiyonları, operatör destekli sistemlerin en önemli uygulamaları arasında yer almaktadır. Bu fonksiyonlar, operasyon sürecinin otomasyon düzeyini artırırken, operatörün iş yükünü azaltmakta ve daha konforlu, güvenli bir çalışma ortamı sağlamaktadır.

Günümüzde bazı uygulamalarda bu fonksiyonların gerçekleştirilmesi amacıyla mıknatıslı joystick yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntemde joystick üzerine entegre edilen mıknatıslar aracılığıyla joystickin belirli pozisyonlarına karşılık gelen fonksiyonlar algılanmakta ve kontrol birimine sinyal iletilmektedir. Ancak bu yaklaşım, çeşitli teknik ve ekonomik kısıtları beraberinde getirmektedir.

Öncelikle, mıknatısların joystick yapısına entegre edilmesi ek işçilik ve donanım gerektirdiğinden, üretim maliyetlerini artırmaktadır. Bu durum, özellikle yüksek üretim adetlerinde birim maliyetin önemli ölçüde yükselmesine neden olur. Ayrıca, sistemin mekanik hassasiyete yüksek bağımlılığı, zamanla oluşabilecek gevşeme, titreşim ve manyetik sapmalar nedeniyle fonksiyonel güvenilirliği olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca bu entegrasyon, joystick tasarımı açısından esneklik sınırlamaları da getirmekte; modülerlik ve iç yapı tasarımında kısıtlayıcı etkiler oluşturmaktadır. [3]

Tüm bu nedenlerle, mıknatıslı joystick yöntemi belirli uygulamalarda kısa vadeli çözümler sunabilse de uzun vadeli güvenilirlik, maliyet etkinliği ve sistem esnekliği açısından yetersiz kalabilmekte, bu da alternatif kontrol stratejilerinin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

2. YÜZDÜRME VE KAZIYA GERİ DÖNÜŞ FONKSİYONU

Yüzdürme (float) fonksiyonu, özellikle zemin tesviyesi gibi uygulamalarda ataşmanın (örneğin kepçenin) yerçekimi etkisiyle zemin boyunca serbestçe hareket etmesine olanak tanıyan bir sistemdir. Bu fonksiyon sayesinde operatör, sürekli olarak joystick üzerinden küçük düzeltmeler

yapmak zorunda kalmaz. Böylece hem daha düzgün yüzeyler elde edilir hem de uzun süreli çalışmalarda operatörün fiziksel yorgunluğu ve dikkat kaybı en aza indirilmiş olur. [5]

Fonksiyonun devreye alınması için sistemde kalıcı (kalmalı) bir buton kullanılır. Bu butona basıldığında sinyal makinenin kontrol ünitesine (MCU) iletilir. MCU, gelen sinyale karşılık joystick üzerine entegre edilmiş mıknatısı enerjilendirir. Joystick ileri konuma itilip bırakıldığında, mıknatıs sayesinde bu konumda kilitlet kalır. Joystick bu pozisyondayken pilot devreden yaklaşık 30 bar sabit basınç çıkışı sağlanır ve bu basınç, ana kontrol valfini yüzdürme konumuna geçirir.

Yüzdürme fonksiyonu çalıştığında, ilgili hidrolik silindirin her iki odası da tank hattına bağlanır; böylece silindire herhangi bir aktif basınç uygulanmaz. Ataşman yalnızca yerçekimi ve zemin kuvvetleriyle serbest biçimde yukarı-aşağı hareket eder. Bu durum, silindirin ne itilmesini ne de çekilmesini gerektirir; sistem tamamen serbest hale gelir.

Fonksiyonun başlıca avantajları aşağıda özetlenmiştir:

1. Yüzey Takibi / Zemin Uyumu:
 - o Ataşman, zemin eğimini pasif olarak takip eder.
 - o Kar küreme veya zemin tesviye işlemlerinde daha düzgün ve kesintisiz yüzey elde edilir.
2. Sistem Zorlanmasının Azaltılması:
 - o Hidrolik silindirlere basınç uygulanmadığı için valfler ve pompa sistem üzerinde daha az yüke maruz kalır.
3. Enerji ve Yakıt Tasarrufu:
 - o Pompa devrede olmadığı sürece hidrolik akış gerçekleşmez; bu da enerji tüketimini minimize eder.
4. Ataşman ve Makine Koruması:
 - o Hidrolik zorlamaların ortadan kalkması, ataşman ve bağlantı parçalarının ömrünü uzatır; bakım ihtiyacı azalır.

Bu özellikler, modern iş makinelerinde kullanıcı konforu, enerji verimliliği ve ataşman performansı açısından önemli katkılar sunmaktadır.

Kazıya geri dönüş (Return-to-Dig) fonksiyonu, yükleyici ataşmanının (kepçenin) boşaltma veya taşıma işlemi sonrasında otomatik olarak tekrar kazı pozisyonuna dönmesini sağlayan bir operatör destek sistemidir. Bu özellik, tekrarlayan yükleme döngülerinde operatörün müdahalesini azaltarak hem işlem süresini kısaltır hem de kazı hassasiyetini ve verimliliğini artırır.

Bu fonksiyonun aktif hâle gelmesi için operatör, kabin içerisinde yer alan kalmalı buton üzerinden sistemi devreye alır. Butona basılmasıyla birlikte kontrol sinyali makine kontrol ünitesine (MCU) iletilir. MCU bu sinyale karşılık olarak, joystick üzerine entegre edilmiş mıknatısı enerjilendirir. Joystick geri (geri kazı yönü) pozisyona itildiğinde mıknatıs, joystick'i bu konumda kilitleyerek bırakılmasını sağlar. Bu durumda joystick sabit pozisyonda kalır ve sürekli olarak yaklaşık 28 bar pilot basınç çıkışı üretir. Ana kontrol valfi, bu sinyal ile birlikte kepçeyi önceden tanımlanmış "kazı konumuna" getirir.

Kazıya geri dönüş fonksiyonu, makine kontrol algoritmasıyla birlikte çalışır. Sistemde bir pozisyon sensörü veya akış yönü/zaman kontrolü ile ataşmanın konumu izlenir. Ataşman kazı pozisyonuna ulaştığında MCU, mıknatısı enerjisiz hale getirerek joystick'i serbest bırakır ve sistemin nötr pozisyona dönmesini sağlar.

Bu fonksiyonun temel avantajları şunlardır:

1. **Zaman Kazancı:**
 - o Tekrarlayan kazı döngülerinde, ataşmanın manuel olarak tekrar konumlandırılmasına gerek kalmadan otomatik dönüş sağlanır.
 - o Operasyon süresi kısalır, döngü başına kazanç artar.

2. **Operatör Hatalarının Azaltılması:**

- Operatörün her döngüde aynı kazı konumunu elle yakalama çabası ortadan kalkar.
- Hatalı pozisyon alma riski en aza indirilir.

3. **Verimli Kepçe Kullanımı:**

- Kepçe zemine optimum açıyla yaklaşarak kazma işlemini daha etkili gerçekleştirir.
- Aşırı zemin sürtünmesi ve kazı kuvveti kaybı engellenir.

4. **Operatör Konforu ve Yorgunluk Azalması:**

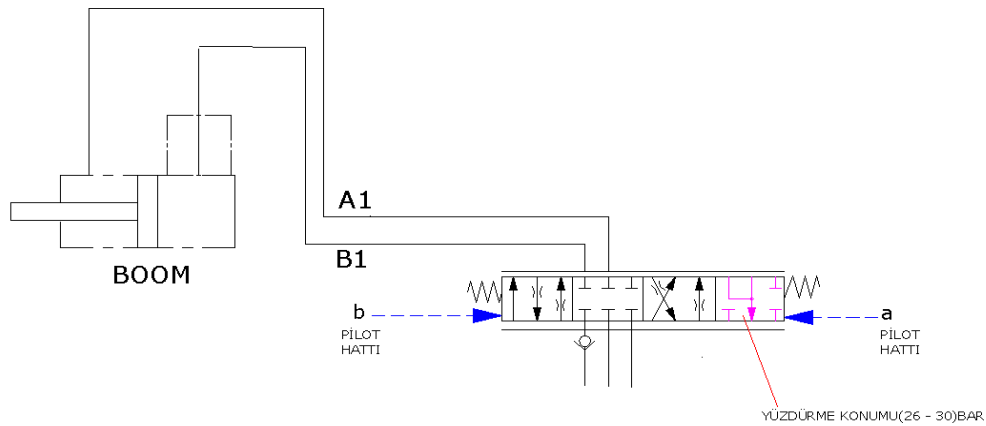
- Uzun süreli çalışmalarda joystick manipülasyonlarının otomatikleştirilmesi, fiziksel ve zihinsel yorgunluğu azaltır.

Kazıya geri dönüş sistemi, özellikle yüksek verimlilik gerektiren dolgu ve yükleme operasyonlarında performans artışı sağlar ve operatör bağımlılığını azaltarak makineyi daha kullanıcı dostu hale getirir.



Şekil 1. Yüzdürme ve Kazıya geri dönüş butonu

Kazıya geri dönüş butonu: Butun kalmalı tip olup butona basıldığında RTD fonksiyonu aktif olmaktadır.
Yüzdürme butonu: Buton kalmalı olup basıldığında yüzdürme fonksiyonu aktif olmaktadır.

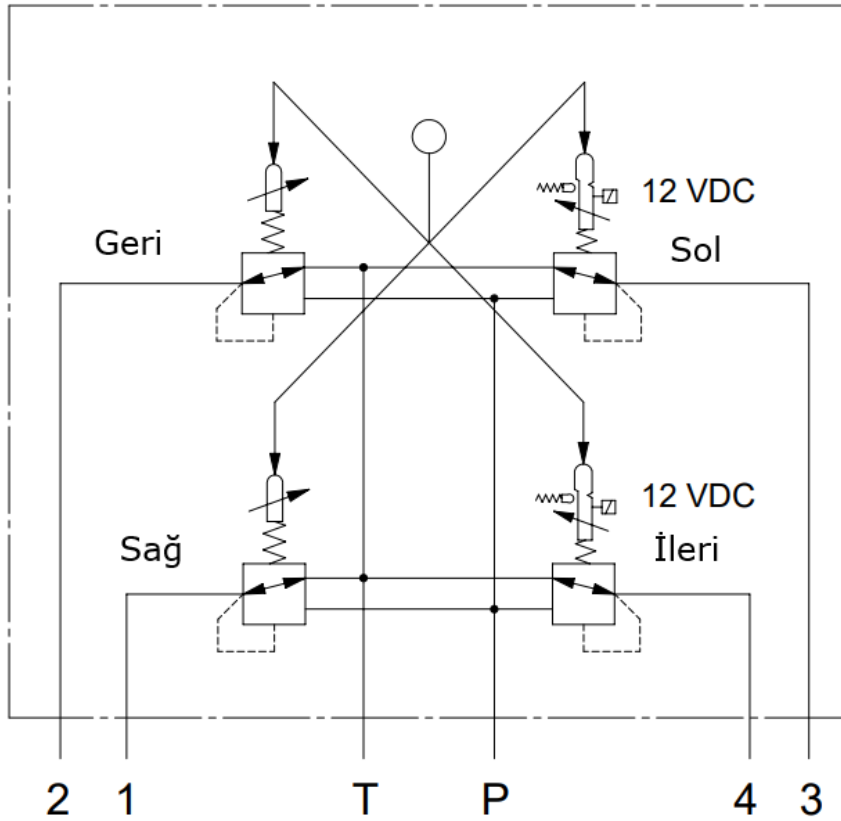


Şekil 2. Yüzdürme hidrolik şeması

3. HİDROLİK JOYSTICK ÜZERİNE ENTEGRE EDİLMİŞ MIKNATIS

Joystick, mıknatıs yönüne doğru itilerek belirli bir pozisyona ulaştığında, üzerine entegre edilmiş mıknatıs yardımıyla bu konumda mekanik olarak sabitlenir. Bu sayede, ilgili fonksiyon (örneğin yüzdürme modu), joystick elle tutulmaksızın sürekli olarak aktif kalabilir. Bu yöntem, bazı teknik kısıtlar barındırmaktadır:

- Mekanik yorgunluk ve gevşeme riski: Zamanla mıknatısın çekim gücü azalabilir veya joystick gövdesindeki mekanik temas yüzeylerinde sürtünmeye bağlı aşınma meydana gelebilir. Bu durum, kilitleme mekanizmasının kararsız çalışmasına veya fonksiyonun istem dışı devreden çıkmasına neden olabilir.
- Kilitlenme güvenliği: Joystick'in manyetik kuvvet etkisiyle istem dışı olarak kilitli konumda kalması, operatör güvenliği açısından risk oluşturabilir. Özellikle acil durumlarda fonksiyonun manuel müdahale ile devre dışı bırakılması zorlaşabilir.
- Fonksiyonel sınırlılık: Mıknatıslı kilitleme sistemi yalnızca sabit bir pozisyona karşılık gelen tek kademeli fonksiyonlar için uygundur. Kademeli ya da değişken kontrollü uygulamalarda bu yöntem yetersiz kalmaktadır.
- Tasarım esnekliğinin azalması ve maliyet artışı: Mıknatısın yerleşimi ve kilitleme mekanizmasının gereklilikleri, joystick tasarımında fiziksel kısıtlamalar yaratır. Bu durum, joystick'in özel üretim gerektirmesine ve dolayısıyla hem joystick bulunabilirliğinin azalmasına hem de maliyetin artmasına yol açar.



Şekil 3. Hidrolik mıknatıslı Joystick şeması

5. KONTROL ALGORİTMASI VE YAKLAŞIMI

Makine kontrol ünitesi tarafından giriş ve çıkışlara göre algoritma oluşturulması

1. Girişler (Inputs):

- Yüzdürme Aktif Buton → Yüzdürme butonunun durumu (aktif/pasif)
- RTD Aktif Buton → Kazıya geri dönüş butonunun durumu
- Joystick İleri Yön Basınç → Joystick ileri yön pilot basınç şalteri, (ör. 26 bar)
- Joystick Sol Yön Basınç → Joystick geri yön pilot basınç şalteri (ör. 26 bar)
- Joystick Geri Yön Basınç → Ters yönde basınç şalteri (ör. 5 bar)
- Joystick Sağ Yön Basınç → Ters yönde basınç şalteri (ör. 5 bar)

2. Çıkışlar (Outputs):

- İkinci yön valf → Yüzdürme için valf çıkışı
- Birinci yön valf → Kazıya geri dönüş için valf çıkışı

□ Sistem önce yüzdürme aktif buton veya RTD buton sinyalini bekler. Buton aktifse, joystick ileri yönünde veya sol yönde pilot basınç sinyali aranır.

□ Bu sinyallerden hangisi varsa ilgili valfleri enerjilendirilir yüzdürme ve kazıya geri dönüş fonksiyonlarını aktif eder. Bu durumda Kullanıcıyı bilgilendirme amaçlı ekranda yüzdürme ikonu aktif olur.

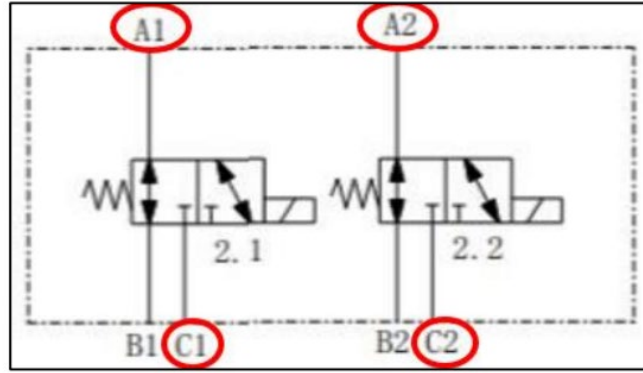
□ Yüzdürme sırasında veya RTD fonksiyonların aktif durumlarında iken, joystick geri yön basınç sinyali (5 bar) veya yüzdürme aktif buton sinyali, joystick sağ yön basınç sinyali (5 bar) veya RTD aktif buton sinyali kesilirse valf enerjileri kesilir ve sistem başa döner. Bu durumda kullanıcı bilgilendirme amaçlı aktif olan yüzdürme ikonu pasif olur.



Şekil 4. Yüzdürme fonksiyon sembolü

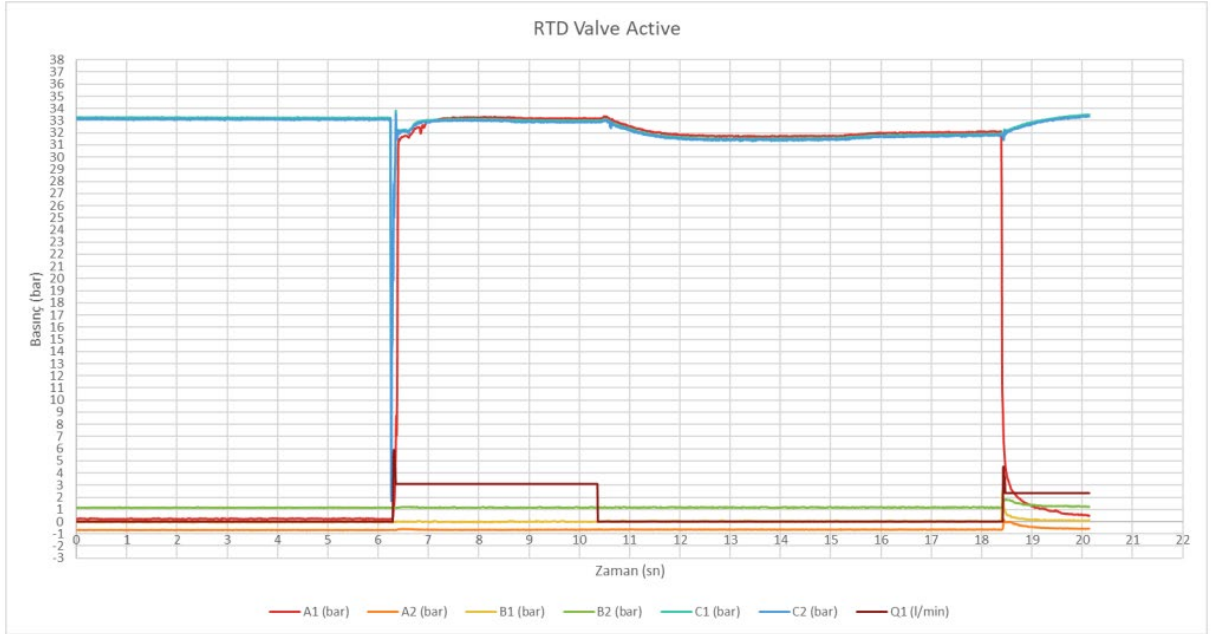
6. TEST SONUÇLARI

Yazılan algoritmaya göre yapılan test sonuçları aşağıdaki gibi bulunmuştur.



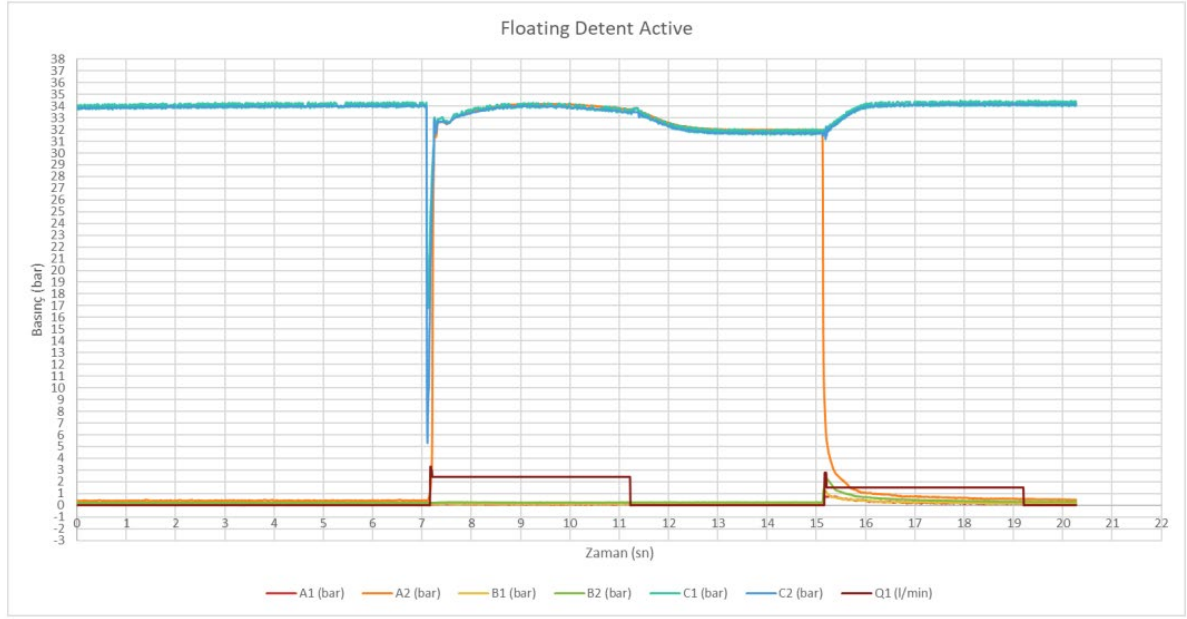
Şekil 5. Valf hidrolik şema

SONUÇLAR / RESULTS



Grafik 1 - RTD Valve Baskınç ve Debi Değerleri

Şekil 6. RTD çalışma baskınç debi bilgileri



Grafik 2 – Floating Detent Basmaç ve Debi Değerleri

Şekil 7. Yüzdürme çalışma basmaç debi bilgileri

7. SONUÇ

Kazıcı yükleyici iş makinelerinde operatör konforunu artırmak ve iş verimliliğini yükseltmek amacıyla kullanılan otomatik yüzdürme ve kazıya geri dönüş fonksiyonlarının joysticklere entegre miknatıslar aracılığıyla uygulanması, pratikte bazı kısıtlamalar ve arızalarla karşılaşılmasına neden olmaktadır. Özellikle, joysticklerin miknatıs entegrasyonuna uygun olmaması, yüksek Ar-Ge ve üretim maliyetleri ile saha koşullarına bağlı arızalar, mevcut sistemlerin sürdürülebilirliğini zorlaştırmaktadır.

Bu bildiriye sunulan Ar-Ge çalışmaları sonucunda, standart hidrolik joystickler ile uyumlu, miknatıs entegrasyonuna gerek duymayan yeni bir hidrolik sistem tasarımı ve yazılım algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem, joystick üzerindeki miknatıs özelliği olmadan da otomatik yüzdürme ve kazıya geri dönüş fonksiyonlarının güvenilir ve ekonomik bir şekilde işletilmesini mümkün kılmıştır.

Sonuç olarak, bu yaklaşım maliyet etkinliği, geniş uygulama alanı ve dayanıklılık açısından önemli avantajlar sağlamış; iş makinelerinde operatör destek sistemlerinin daha esnek ve pratik uygulanabilirliğine katkıda bulunmuştur. Gelecekte sistemin saha testlerinin genişletilmesi ve fonksiyonların daha ileri kontrol teknolojileriyle entegrasyonu, bu çalışmanın etkinliğini artıracaktır.

KAYNAKLAR

- [1] US Patent US20020073833A1, "Return to dig system," May 23, 2002.
- [2] US Patent US20080313935A1, "Electronic parallel lift and return to carry on a backhoe loader with detent positions," Oct. 30, 2008.
- [3] US Patent US20070277405A1, "Control system for an electronic float feature for a loader," Nov. 29, 2007.
- [4] US Patent US8500387B2, "Electronic parallel lift and return to carry or return to dig and anti-spill

functions for loader/backhoe,” Aug. 6, 2013.

[5] C. Kou, E. B. Wagg, J. Jiang, and X. Chen, “Sensor Technologies for Hydraulic Valve and System Performance Monitoring: Challenges and Perspectives,” *Sensors*, vol. 24, no. 5, p. 1463, 2024, doi: 10.3390/s24051463.

[6] T. Guan, Z. He, R. Song, D. Manocha, and L. Zhang, “TNS: Terrain Traversability Mapping and Navigation System for Autonomous Excavators,” *arXiv preprint arXiv:2109.06250*, 2021.

[7] S. Alpsten, “Design of an ergonomic control lever for wheel loader,” M.S. thesis, Dept. Product and Production Development, Chalmers Univ. of Technology, Gothenburg, Sweden, 2012.

[8] T. Kuneguchi, Y. Noda, Y. Sago, and K. Kakihara, “Operational assistance system using 3-DOF joystick with reaction force display to load transfer machine in a plane,” in *Proc. 11th Int. Conf. on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)*, 2014, pp. 346–352.

[9] S. W. J. Choong, Y. C. Lee, and K. Y. Lim, “A preliminary study on ergonomic contribution to the grip analysis of wheel loader control lever systems,” *Sustainability*, vol. 14, no. 1, p. 122, 2021, doi: 10.3390/su14010122.

[10] WO Patent WO2005091102A1, “Joystick device with electric latching detents,” Sep. 29, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

Sertaç KARASOY

1985 yılı Aksaray doğumludur. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2013 yılında HİDROMEK şirketinde kazıcı yükleyici makine elektrik elektronik tasarımı alanında görev almıştır. Halen Kazıcı Yükleyici Mühendislik biriminde hidrolik ve elektrik tasarım takım lideri görev yapmaktadır. Evli ve 1 çocuk babasıdır.

Fatma ÖZ

1974 yılı Ankara Doğumludur. 1998 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 2002 yılında Yüksek Mühendis unvanı almıştır. 1998 yılından itibaren iş makinası sektöründe faaliyet gösteren HİDROMEK şirketinde makine tasarımı ve konfigürasyon sistem tasarımı alanında çeşit pozisyonlarda görev almıştır. Halen Kazıcı Yükleyici ve Telehandler Mühendislik müdürü olarak görev yapmaktadır. Evli ve 2 çocuk annesidir.