



ŞEHİR İÇİ MİNİ EKSKAVATÖR HİDROLİK SİSTEMLERİNDE ELEKTRİFİKASYON UYGULAMASI

ELECTRIFICATION APPLICATION IN URBAN MINI EXCAVATOR HYDRAULIC SYSTEMS

Ahmet Kandeniz

ÖZET

Bu çalışmada, elektrikli ve konvensiyonel ekskavatör projeleri mukayesesi ile elektrikli ekskavatörün ortaya koyduğu avantajlar ve dezavantajlar, elektrikli ekskavatörün modern konsept tasarımı üzerinden ele alınmıştır. Her iki konsept arasındaki farklılıklar, ilgili mobil iş makinesinin egzoz gazı ve gürültü emisyonu, enerji verimliliği, ilk yatırım ve işletme maliyetleri gibi farklı perspektiflerden ele alınıp değerlendirilmiştir. Mukayese esnasında kullanılan bilgiler sektöründe öncü makine imalatçılarından temin edilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına bağlı olarak, elektrikli ekskavatörlerin hava ve gürültü kirliliğini azaltma, yüksek verimlilikle çalışmaya bağlı olarak enerji tasarrufu sağlama gibi kayda değer avantajları ile yakın bir gelecekte konvensiyonel sistemleri geri planda bırakabileceği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mini Ekskavatör, Elektrifikasyon, Şehir İçi Ekskavatör, Enerji Verimliliği

ABSTRACT

In this study, both of the advantages and disadvantages of the electric excavator are issued through the modern concept design of the electric excavator by comparing the electric and conventional excavator projects. The differences between two concepts are issued and evaluated from different perspectives such as the exhaust gas and noise emission, fuel consumption, initial investment and operating costs of the related mobile construction equipment. The information used during the comparison was obtained from the leading Machinery Manufacturers in the market. Based on the results of this study, it is emphasized that electric excavators may leave conventional systems in the background in near future with their remarkable advantages such as reducing air and noise pollution and providing energy savings thanks to high efficiency working.

Key Words: Mini Excavator, Electrification, Urban Excavator, Energy efficiency

1. GİRİŞ

Sanayileşmeye ve ekonomik gelişmelere bağlı olarak kent sayısının artması ve mevcut kentlerin büyümesi sonucu hava ve gürültü kirliliğinin azaltılması önemli ve öncelikli bir amaç haline gelmiştir. Bu kapsamda, araç üreticileri daha düşük emisyonlar sağlayacak daha temiz teknolojiler sunmak için büyük çaba gösterirken, elektrifikasyon otomotiv sektöründeki ana eğilimlerden biri olmaya devam etmektedir. Küresel profesyonel hizmetler şirketi PwC'nin yakın tarihli bir raporuna göre, 2030 yılına kadar, satılacak tüm yeni otomobillerin %55' inden fazlasının tamamen elektrikli olabileceği öngörülmektedir. Rapora göre geleceğin arabaları bu yeni esnek mobilite çağında elektrikli, otonom, paylaşımlı, bağlantılı ve yıllık olarak güncellenebilen araçlar olacaktır.

Elektrifikasyona yönelik bu eğilim, binek otomobil pazarı ile sınırlı değildir. Yetkililer çevreye ilişkin daha katı düzenlemeler getirerek kirliliği azaltmaya çalışırken, inşaat ve madencilik araçları, şehir otobüsleri ve çöp kamyonları hibrit elektrikli güç aktarma organları ile geliştirilmektedir. Şehir içi kullanımlar söz konusu olduğunda ise gürültü ve egzoz gazı emisyonunu sıfıra indirgeyerek yaşam kalitesini artırmayı amaçlayan elektrikli şehir makineleri söz konusu olmaktadır [1].



Şekil 1. Şehir içi kullanımı olan elektrikli mini ekskavatör [1].

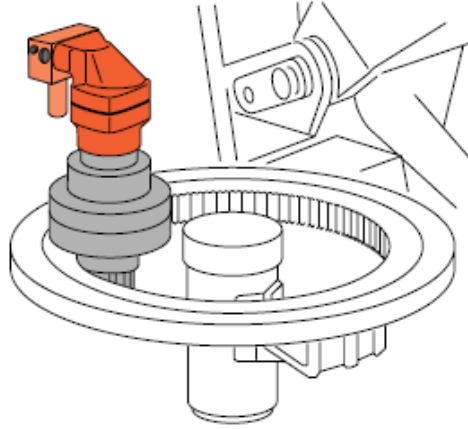
2. ELEKTRİFİKASYONUN MİNİ EKSKAVATÖRLERE ENTEGRASYONU

Kentleşme olgusu insan nüfusunun yer değiştirmesinin ötesinde ekonomik, toplumsal, kültürel, siyasi ve teknolojik büyük çaplı dönüşümleri de gerektirir. Bu kapsamda kentsel yaşama adapte olmak tek başına insan için yeterli değildir. İnsanoğlu ile birlikte sahip oldukları da kentsel yaşamın gerekliliklerine ayak uydurmak durumundadır.

Konvensiyonel ekskavatörlerden mini ekskavötlerin türemesi ile ekskavatörlerin kentsel yaşama adapte olması hususunda ilk adım atılmıştır. Ekskavatörlerin iri cüsseleri kentsel yaşamda çalışma sahalarını daralmıştır. Mini ekskavatör yapısı konvensiyonel ekskavatörlerin kentsel yaşamda yer bulmasını sağlamış ancak sebep oldukları egzoz gazı ve gürültü emisyonlarının etkisini ortadan kaldıramamıştır. Bu nokta, kentsel yaşama adaptasyonda ikinci bir adımı zorunlu kılmıştır. Sonuç olarak otomotiv sektöründe başlayan elektrifikasyon inisiyatifi mini ekskavatörlere de sıçramıştır. Egzoz gazı emisyonunu ortadan kaldıran, gürültü emisyonunu yaklaşık %10 oranında azaltan ve yaklaşık %40 enerji verimliliği sağlayan elektrifikasyon inisiyatifi mini ekskavatörler için kaçınılmaz güç bir çözüm haline gelmiştir. Bu çözümün hangi alt sistemlere nasıl tesir ettiğini daha detaylı anlamak adına konvensiyonel ekskavatör yapısını öncelikli olarak anlamak önem arz etmektedir.

2.1. Konvensiyonel Ekskavatörler

Ekskavatörler, genellikle inşaat sektöründe toprağın kazılması, hafriyatın yüklenmesi, ağır yükün kaldırılması veya taşınması gibi işlerde kullanılan iş makineleridir. Ekskavatörler diğer iş makinelerinin aksine bulunduğu yerde dönme kabiliyetine sahip olmaları nedeniyle çalışma esnasında konum değiştirmeye ihtiyaç duymazlar. Bu durum ekskavatörü daha kullanışlı hale getirerek özellikle makinelerin çalıştığı dar alanlarda, bulunduğu pozisyonda tek bir hamle ile dönüş imkanı sağlar. Ekskavatörün dönüşünü sağlayan konstrüksiyon, hidrolik motordan tahrik alan bir redüktörün bağlı olduğu pinyon dişli mekanizmasından oluşmaktadır [2].



Şekil 2. Ekskavatör dönüş hareket sistemi [2].

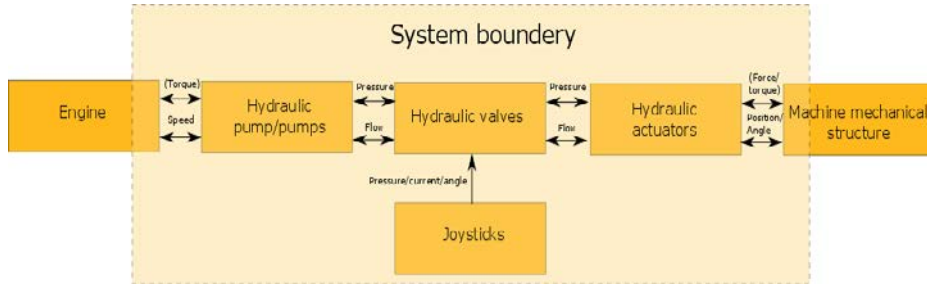
Ekskavatörler, başlıca kullanım alanları olan inşaat sektöründe, genellikle kazma ve zemin düzeltme işlemlerinde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra boru döşeme ya da çukur açma gibi işlemlerde de kullanılabilirler. Ekskavatörlerin yaygın olarak tercih edilmelerinin ardındaki bir diğer neden ise her mevsime uygun çalışma kabiliyetleridir. Çamurlu ve karla kaplı zeminlerde dahi faaliyetlerine verimli bir şekilde devam edebilirler. Kullanım sahalarına göre ters kepçeli ekskavatör, çekme kepçe ekskavatör, şavul ekskavatör gibi farklı ekskavatör türleri bulunmaktadır.

Ekskavatörler hareket etmelerini sağlayan yapısal organlarına göre iki ana gruba ayrılırlar; Paletli Ekskavatör ve Lastik Tekerlekli Ekskavatör [3]. Paletli ekskavatörler ekseriyetle karayolu çalışmalarında, peyzaj ve orman işleri gibi alanlarda, belediyelerin küçük çaplı yüklemelerinde veya nispeten fazla derinliğe ihtiyaç duyulmayan kazı ve düzenleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Lastik tekerlekli ekskavatörler de paletli ekskavatörlere benzer uygulamalarda kullanılmaktadır. Paletli ekskavatörler uzak mesafelere, harici araçların nakliyesi ile ulaştırılırken lastik tekerlekli ekskavatörler operatör kullanımı ile istenilen yere kolaylıkla ulaşabilmektedir. Buradaki temel ayrım lastik tekerlekli ekskavatörlerin tercih edilmesindeki ana faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 3. Ekskavatör tipleri-Lastik Tekerlekli Ekskavatör(Sol el yönü)-Paletli Ekskavatör(Sağ el yönü) [3].

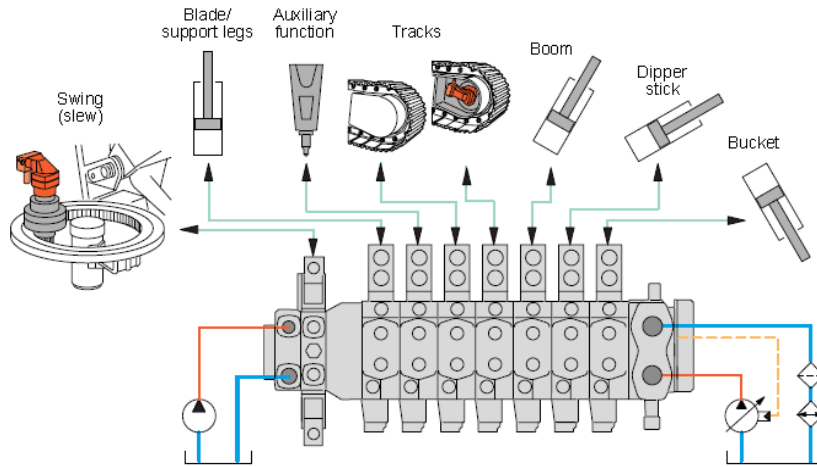
Konvensiyonel ekskavatörlerde içten yanmalı motordan elde edilen enerji, aracın hareket etmesini sağlayan tüm sistemlere farklı şekillerde transfer edilir. Ekskavatörün fonksiyonelliğini yerine getirmesi için bünyesinde bulundurduğu sistemler hidrolik yağın basınçlandırılması ve bu durumun kontrol edilmesi üzerine kurgulanmıştır. İçten yanmalı motorun hidrolik pompaya aktardığı mekanik enerji, hidrolik enerjiye dönüşmektedir. Ardından hidrolik aktüatörler vesilesi ile hidrolik enerji yeniden mekanik enerjiye dönüşerek ekskavatörün fonksiyonel hareketlerinin gerçekleşmesi sağlanır. İçten yanmalı motor ile başlayan bu serüven, hidrolik pompa, valf grupları, aktüatör ve mekanik yapısal eleman ile son bulmaktadır [4].



Şekil 4. Ekskavatör enerji transfer döngüsü [4].

Konvensiyonel ekskavatörlerde hareket eden tüm birimler hidrolik aktüatörlerin, içten yanmalı motordan hidrolik yağın akışkan enerjisi olarak taşıdığı mekanik enerjiyi kullanması ile gerçekleşmektedir. Yürüyüş grubu hidrolik motorlar tarafından tahrik edilmektedir. Benzer şekilde ekskavatörün dönüş hareketini sağlayan pinyon dişli sistemi de hidrolik motor tarafından tahrik edilmektedir. Ekskavatörün, kazma, küreme gibi fonksiyonlarını icra eden mekanik yapısı farklı hidrolik silindirler tarafından tahrik edilmektedir. Temel hali ile muhtelif hidrolik silindirler tarafından kontrol edilen ekskavatör hareketleri; kepçe, kule dönüş, bom ve kol hareketleridir. Ekskavatör hidrolik sistemi, içten yanmalı motorun tahrik ettiği hidrolik pompanın sisteme sağladığı yağı, mobil tip hidrolik valfler ile kontrol ederek sistemin ilgili kısmının çalışmasını sağlamaktadır [5].

Ekskavatör hidrolik sistemlerinde kullanılan hidrolik ürünlerin tipleri üretilecek olan ekskavatöre göre farklılık göstermektedir. Örneğin aşağıdaki şekilde yer alan şemada kule dönüşü için sabit deplasmanlı pompa tercih edilmiştir. Diğer hareketler için ise değişken deplasmanlı pompa kullanılmıştır. Değişken deplasmanlı pompa ile hidrolik yük sinyali üzerinden haberleşebilen mobil oransal valf ise tüm hareketlerin kontrolü için kullanılmıştır.

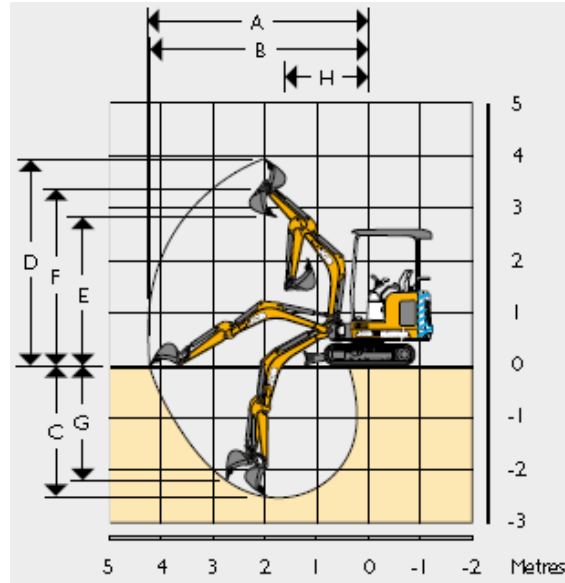


Şekil 5. Ekskavatör hidrolik sistem yapısı [5].

2.2. Mini Ekskavatörler

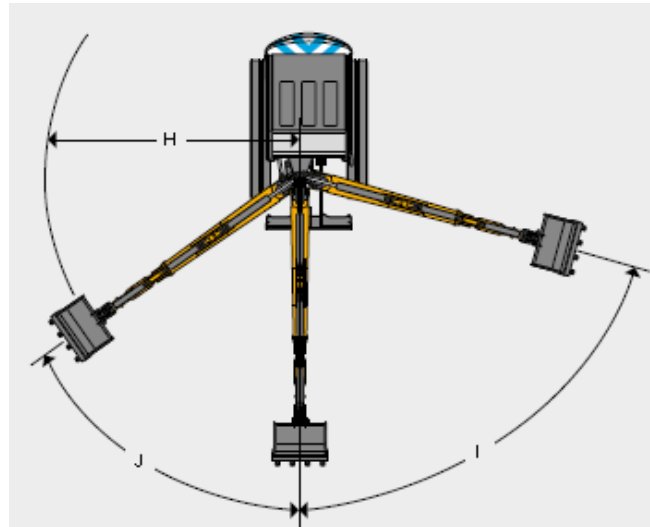
Genellikle çalışma ağırlığı 6 tona kadar olan ekskavatörler mini ekskavatörler olarak adlandırılmaktadır. Büyük ekskavatörler ile yapılamayacak dar alanlardaki kazı, küreme ve düzenleme çalışmalarında hareket ve kabiliyet yeteneklerinden yararlanılabiliyor olmaları, mini ekskavatörlerin en büyük avantajı olmaktadır. Mini ekskavatörler, karayolu çalışmalarında, peyzaj düzenlemelerinde, kaldırım çalışmalarında, orman işlerinde sıklıkla tercih edilmektedir. Ekseriyetle direkt düzenleme gerektiren veya derin kazı gerektirmeyen (maksimum 3 metre derinlik [6]) işlerde kaldırma yüklemeye

faaliyetlerinde kullanılmaktadırlar. Boyutları küçük ve kepçe kapasitesi az olduğu için ağır yükleri yüklemeye tercih edilmezler. Düşük yakıt kullanımı ve boyutları bakımından karayolu ve ilgili yol yapım çalışmalarında önemli bir yere sahiptirler.



Şekil 6. Mini ekskavatör kazma derinlik tablosu [6].

Mini ekskavatörlerde yapısal olarak ana şasiye entegre 2 adet yürüyüş takımı ve bu yürüyüş takımını tahrik eden hidromotorlar bulunmaktadır. Ekseriyetle hafif olmaları hasebiyle mini ekskavatörlerde kauçuk paletler yürüyüş takımı olarak tercih edilmektedir. Ana şasinin üzerinde operatör kabini, motor, hidrolik pompa ve valflerin olduğu ana gövde bulunmaktadır. Bu gövdeye ana şasiden burçlarla entegre edilmiş, uzayıp kısalabilen, kazma işinin yapıldığı bom, kol ve kazıcı kepçe bulunmaktadır. Kazı sırasında oluşabilecek fazla hafriyatın düzenlenmesini, sergi ve tesviye yapılmasını sağlayan bıçak bölümü hemen yürüyüş takımlarının önünde bulunmaktadır. Makinenin arka tarafına konumlandırılmış ağırlıklar kazı esnasında aracın dengesini sağlayarak makinenin devrilmesini engellemektedir. Konvensiyonel ekskavatörlerden farklı olarak mini ekskavatörlerin bom ve kolları, sağ ve sol yönlerde belirli derecelerde ayarlanmış bir mafsal sayesinde dar alanlarda makinenin gövdesini döndürmeden dönebilme kabiliyetine sahiptir [7]



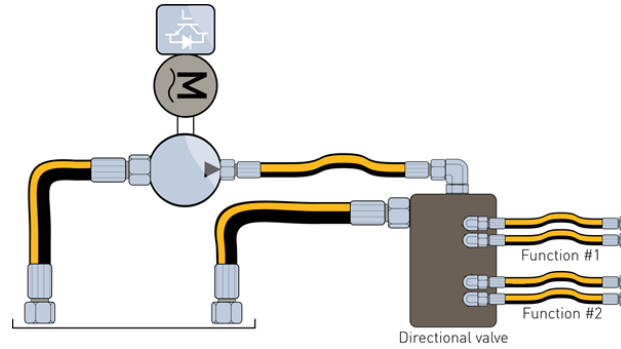
Şekil 7. Bom ve kolların gövdeden bağımsız hareketi [7].

2.3. Elektrikli Mini Ekskavatörler

Elektronik sistemlerin zaman içerisindeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak hidrolik sistemlerin güç yoğunluğuna ulaşacağı kabulü hali hazırda güncelleğini korumaktadır. Bu kabul zamanla hidrolik sistemlerin farklı endüstrilerdeki yerlerini elektronik sistemlere bırakacağını öngörmektedir. Bu durum elektrikli mini ekskavatör uygulamalarında bir yer değişiminden ziyade her iki teknolojinin iş birliği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Elektrikli mini ekskavatörlerde içten yanmalı motorun yerini elektrik motoru alırken hidrolik sistemlerde radikal farklılıklar görülmemektedir. Elektrikli motorun yanı sıra elektrikli ekskavatörler için diğer bir radikal değişiklik ise batarya sistemleridir. Geliştirilen batarya sistemleri ile elektrikli mini ekskavatörler 5 saate varan aralıksız çalışma temposunu yakalamaktadır. İçten yanmalı motorlu versiyonlarına göre elektrikli mini ekskavatörlerin günlük kontrol ve bakım ihtiyaçları cüzi seviyelerdedir. Özellikle içten yanmalı motordaki motor sıvıları ile ilgili yapılan takiplerin ve bakımların elektrik motorunda gerekli olmaması ciddi manada zaman tasarrufu sağlamaktadır.

Elektrifikasyon insiyatifi araç tiplerine bağlı olarak araçlarda farklı alt sistemlere entegre edilmektedir. Elektrikli mini ekskavatörler perspektifinden bakılması durumunda göze çarpan ilk değişim, ekskavatörün hareket kabiliyetini icra etmesini sağlayan hidrolik sistemin kalbi olan pompaların tahrik alma noktasıdır. Elektrikli mini ekskavatörlerde sistemin hidrolik pompası, geleneksel yöntemin aksine sisteme entegre edilen elektrik motoru ile sürülmektedir [8]. Bu değişim, gürültü ve egzoz emisyonunun azaltılması, enerji verimliliği ve performans iyileşmesi konularında hayati faydaları da beraberinde getirmektedir.



Şekil 8. Elektrikli mini ekskavatörde hidrolik sistem konsept tasarımı [8].

3. ELEKTRİKLİ MİNİ EKSKAVATÖR HİDROLİK SİSTEMLERİNDE ELEKTRİFİKASYON ETKİLERİ

3.1. Gürültü ve Egzoz Gazı Emisyonlarının Azaltılması

Belçikalı mühendis Étienne Lenoir 1859'da "Gazlı ve genleşmiş havalı motor" adı altında iki zamanlı içten yanmalı bir motorun patentini alarak 1860 yılında elektrik ile ateşlenen ve su soğutmalı ilk içten yanmalı motoru geliştirmiştir. Yaklaşık 160 yıllık geçmişe sahip içten yanmalı motorlar insan hayatını günümüzde de kolaylaştırmaya devam ederken farklı perspektiflerden değerlendirildiklerinde çevreye bir takım zararlarının olduğu da görülmektedir. Gürültü ve egzoz gazı emisyonları bu zararlı etkilerin başında gelmektedir.

Açık alanlarda çalışan iş makineleri ve araçların sebebiyet verdiği rahatsız edici sesler bütünü gürültü emisyonu olarak adlandırılmaktadır. İnsanların birbirleri ile konuşması esnasında ortaya çıkan seslerin şiddeti yaklaşık olarak 40-60 dB'dir. Bunun yanı sıra insan sağlığı açısından zararlı olabilecek ses şiddetinin üst limiti yaklaşık olarak 140 dB'dir. İçten yanmalı motorların hali hazırda kullanıldığı mini ekskavatörler çevreye yaklaşık olarak 95 dB şiddetinde gürültü yayar. Bu miktar, insanların sağlıklı bir şekilde hayatlarını idame ettirmesinin önünde herhangi bir engel teşkil etmezken insanların yaşam kalitelerini olumsuz etkileyebilmektedir. Özellikle şehir içi kullanımlarda ön planda olan elektrikli mini

ekskavatörlerin çevreye yaydıkları gürültü seviyelerinde elektrifikasyon uygulaması ile gözle görülür bir miktarda azalma gerçekleştirilmiştir. Bu etkiyi ölçmek için sektöründe lider makine imalatçılarından biri Tablo 1. de özellikleri verilen mini ekskavatörün hem içten yanmalı hem de elektrik motorlu versiyonlarını üretmiş ve bu versiyonları çeşitli testlere tabi tutmuştur.

Tablo 1. Mini ekskavatör özellikleri

Motor Gücü	30 kW
Kova Genişliği	500 mm
Kova Ağırlığı	59 kg
Kova Hacmi	75 l
Kova Koparma Kuvveti	2233 daN
Kule Dönüş Hızı	9.4 r/min
Hidrolik Sistem Maksimum Debisi	58 l/min
Hidrolik Sistem Maksimum Basıncı	250 bar
Bıçak (genişlik x yükseklik)	1500x312 mm
Maksimum Çekme Kuvveti	1984 daN
Araç Maksimum Hızı	4.5 km/h
ISO 6016'ya Göre Nominal Çalışma Ağırlığı	2730 kg

Tablo 1. de özellikleri verilen mini ekskavatör için ISO 6396 standardına uygun yapılan ses şiddeti ölçümlerinde Tablo 2. de görülen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2. Ses şiddeti ölçüm sonuçları

Kullanılan Motor Tipi	Araç İçi Hissedilen Ses Şiddeti	Çevreye Yayılan Ses Şiddeti
İçten Yanmalı Motor	78 dB	93 dB
Elektrik Motoru	74 dB	84 dB

Elde edilen sonuçlar dikkatle incelendiğinde araç içi ses seviyesinde %5, çevreye yayılan ses seviyesinde ise yaklaşık %10 mertebesinde iyileşme olduğu görülmektedir.

Araçlarda kullanılan benzin ve dizel yakıtın yanması sonucu ortaya çıkan kimyasal gazlar egzoz yolu ile havaya atılmaktadır. Havaya aktarılan kimyasal gazların oluşturduğu hava kirliliği egzoz emisyonu olarak tanımlanmaktadır. Egzoz emisyonunun başlıca bileşenleri Karbon oksitleri, Azot oksitleri, Kükürtlü bileşenler, Hidrokarbonlar ve Aldehitler'dir. Her geçen gün artan dünya nüfusu ile birlikte doğru orantılı olarak araç sayıları da artış göstermektedir. Bu yüzden ilgili zehirli gazların insan sağlığına ve çevreye olan zararı da artış göstermektedir. Hava ve çevre kirliliğinin önüne geçmek için araçların egzoz gazı emisyonları azaltılmalı, mümkünse ortadan kaldırılmalıdır.

Bilindiği üzere elektrik motorları çalışma esnasında egzoz emisyonu gerçekleştirilmemektedirler. Bu avantajları sayesinde diğer tüm elektrikli araçlarda olduğu üzere elektrikli mini ekskavatörlerde de elektrifikasyon uygulaması neticesinde egzoz emisyonu %100 olarak azaltılmış, bir başka deyişle tamamen ortadan kaldırılmıştır.

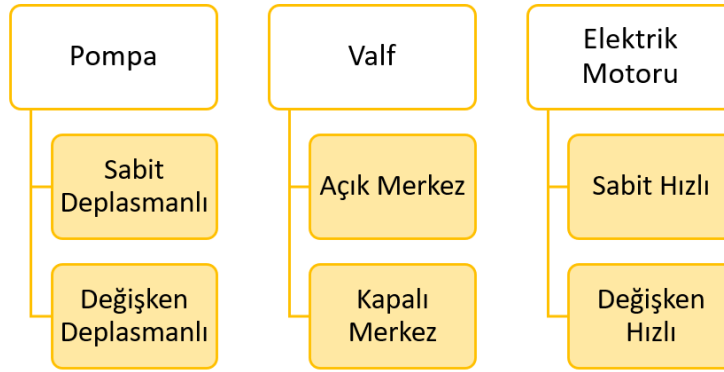
3.2. Enerji Verimliliği ve Performans İyileşmesi

Enerji verimliliği, yapılmakta olan bir işin, niteliğinden ve niceliğinden ödün vermeksizin mevcutta olduğundan daha az enerji harcanarak yapılmasıdır. Performans ise bir işi yapan sistemin, o işle amaçlanan hedefe yönelik olarak sistemin nereye varabildiğini, başka bir deyişle sistemin neyi sağlayabildiğinin nicel ve nitel olarak anlatımıdır. Bu iki kavram, bağımsız olarak da değerlendirilebilirken, elektrikli mini ekskavatör özelinde maliyet değişkeni devreye girdiğinde ilgili kavramların birbiriyle girift ve doğru orantılı bir ilişkisi olduğu görülmektedir [11].

Elektrifikasyon insiyatifinin sağladığı enerji verimliliği ve performans iyileştirilmesi ile birlikte neden olduğu ilk yatırım maliyetlerindeki artışı etraflıca anlamak için öncelikli olarak elektrifikasyon

insiyatifinin araç üzerindeki konsepti nasıl değiştirdiği anlaşılmalıdır. Elektrikli mini ekskavatör üzerindeki hidrolik sistem en temel hali ile; elektrik motoru tarafından tahrik edilen hidrolik bir pompa, pompanın ürettiği akışı gerekli aktüatörlere dağıtan bir hidrolik valf, hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren hidrolik aktüatörler ve hidrolik yağın depolanması, filtrelenmesi gibi özellikleri barındıran bir hidrolik rezervuardan ibarettir [8]. İçten yanmalı motorlu mini ekskavatörlerdeki hidrolik sistem yapısı da elektrikli mini ekskavatördekine oldukça benzerdir. İçten yanmalı motorlu mini ekskavatörler piyasaya çıktığı dönemde ilk olarak sabit deplasmanlı pompalar ile hidrolik sistemleri tasarlanmıştır. Enerji verimliliğinden ziyade fonksiyonelliğin ön planda olduğu bu dönemde, hidrolik sistemlerdeki kayıplar neredeyse %80-%90 mertebelerine ulaşmaktaydı. Bu durumu iyileştirmek adına değişken deplasmanlı pompalar sabit deplasmanlı pompaların yerini almıştır. Değişken deplasmanlı pompalar ile yaşanan kayıpların %30-%40 mertebelerine indirilmesini sağlamıştır. Son yıllarda ise elektrifikasyon insiyatifinin etkisi ile kayıpların %20-%25 mertebelerine indirildiği görülmektedir.

Elektrik motorlarının sürece dahil olması ile maliyet, verimlilik ve performans gibi parametreler dikkate alınarak farklı hidrolik sistem tasarımları yapılmaktadır [9]. Örneğin sabit hızlı elektrik motor, değişken deplasmanlı pompa ve kapalı merkez valf konsepti bir alternatifken, değişken hızlı elektrik motoru, sabit deplasmanlı pompa ve açık merkez valf farklı bir konsept olarak tercih edilebilmektedir. Burada belirleyici olan maliyet, enerji verimliliği ve performans parametrelerinin mukayese edilmesi sonucu elde edilen verilerdir.



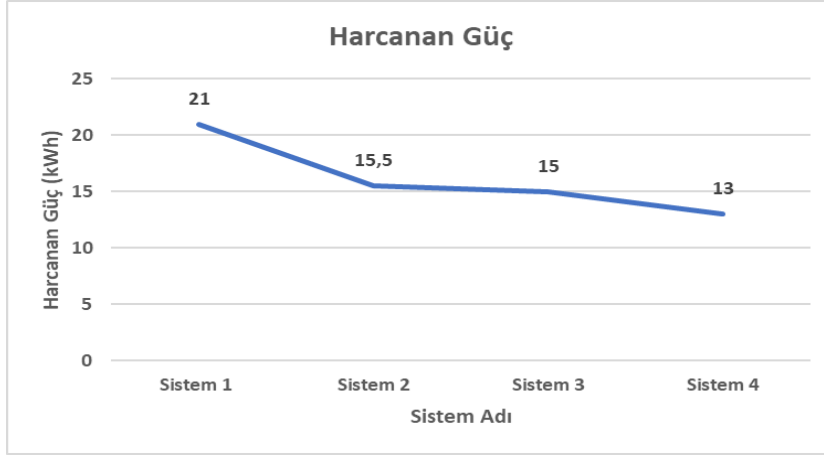
Şekil 9. Hidrolik sistem alternatif tasarımları [9].

Alternatif sistemlerin birbirleriyle mukayese edilerek ortaya çıkan enerji verimliliğini saptamak için yapılan bir çalışmada, aynı fiziki özelliklere sahip 3 elektrikli mini ekskavatör 3 farklı hidrolik sistem tasarımı ile donatılmıştır. Referans olarak aynı fiziki özelliklere sahip içten yanmalı motorlu mini ekskavatör de testlere dahil edilmiştir.

1. Sistem 1: İçten yanmalı motor, sabit deplasmanlı pompa, açık merkez valf (hidrolik yük sinyalli)
2. Sistem 2: Sabit hızlı elektrik motoru, değişken deplasmanlı pompa, açık merkez valf (hidrolik yük sinyalli)
3. Sistem 3: Değişken hızlı elektrik motoru, sabit deplasmanlı pompa, açık merkez valf (hidrolik yük sinyalli)
4. Sistem 4: Değişken hızlı elektrik motoru, sabit deplasmanlı pompa, kapalı merkez valf (elektronik yük sinyalli)

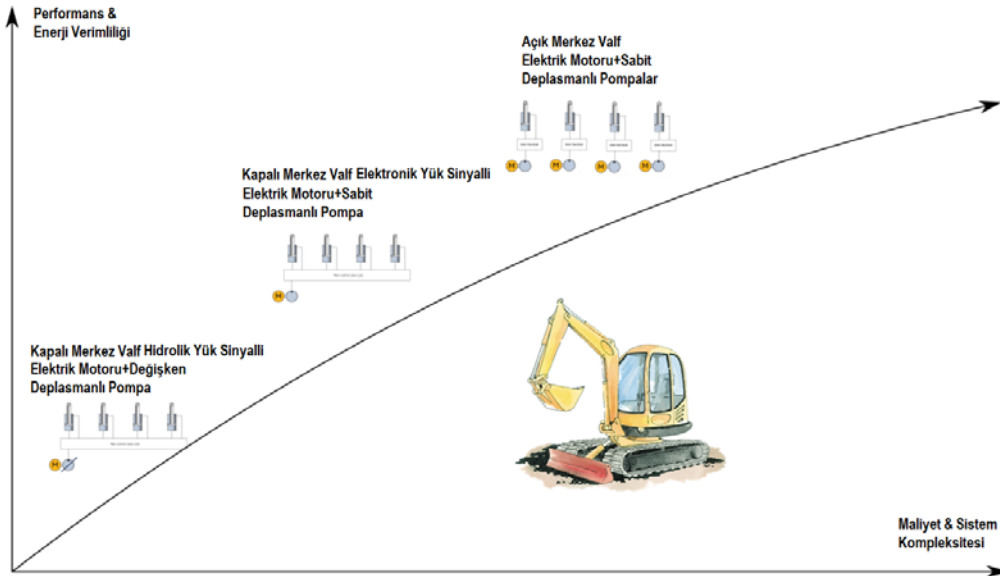
Ölçümler her bir ekskavatörün 4 saat boyunca sürekli olarak 90° lik kazı yapması esnasında gerçekleştirilmiştir. Yapılan testlerde Sistem 1'in belirtilen iş için harcadığı güç 21 kWh iken sırasıyla Sistem 2'nin 15,5 kWh, Sistem 3'ün 15 kWh ve Sistem 4'ün 13 kWh olduğu tespit edilmiştir [10]. Yapılan testler esnasında sabit hızlı elektrik motoru kullanılan senaryoda içten yanmalı motor opsiyonuna göre yaklaşık olarak %25 oranında enerji verimliliği sağlandığı görülmektedir. Ancak burada kullanılan pompanın deplasman tipi de değiştiği için ortaya çıkan fark yanıltıcı olabilir. Bu noktada Sistem 1 ve Sistem 3'ün mukayese edilmesi daha doğru sonuç verecektir. Bu perspektiften bakıldığında aynı hidrolik sistemin değişken hızlı elektrik motoru ile sürülmesi durumunda %28 oranında enerji verimliliği sağlandığı görülmektedir. Öte yandan hidrolik sistem tasarımında yapılacak

değişiklikler ile enerji verimliliğinin daha da artırılabilir olduğu görülmektedir. Bu perspektifle Sistem 3 ve Sistem 4 göz önüne alındığında hidrolik valf tipindeki değişimin %28 olarak saptanan enerji verimliliğini %38 bandına çektiği görülmektedir. Tipik olarak kullanılan açık merkez valfler hidrolik yük sinyallidir. Burada anlatılmak istenen, çalışmakta olan aktüatörlerin basınç bilgilerinin hidrolik yağ ile hidrolik valfin ilgili kısmını bilgilendiriyor olmasıdır. Sistem 4'te kullanılan kapalı merkez elektronik yük sinyalli valfte ise aynı bilgi elektronik bir sensör yardımı ile algılanıp hızlıca sistemin kontrolcüsüne iletilmektedir. Bu sayede sistemin ihtiyaca göre pozisyon alması daha hızlı gerçekleşmektedir.



Şekil 10. Farklı hidrolik sisteme sahip ekskavatörlerin harcadığı güç eğrisi [10].

Elektrifikasyon inisiyatifi ile gerçekleştirilen sistemlerin enerji verimliliği noktasında ortaya koyduğu performans açıkça görülmektedir [10]. Bu durumun getirdiği avantajların yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Elektrikli mini ekskavatörlerde elektrifikasyon inisiyatifinin uygulanması sonucu araç üzerindeki alt sistemlerin kompleksitesi artmıştır. Hidrolik yük sinyalli valflerin değişken deplasmanlı pompalar ile haberleşmesi için harici bir kontrolcüye ihtiyaç bulunmamaktadır. Ancak elektronik yük sinyalli valflerin verdiği sinyale göre elektrik motorunun devrini ayarlamak için harici bir kontrolcüye ve yazılıma ihtiyaç bulunmaktadır. Öte yandan bu inisiyatif ile aracın işletme maliyeti azalsa da, ilk yatırım maliyeti artış göstermektedir. Elektrifikasyon inisiyatifinin enerji verimliliği&performans ve maliyet&sistem kompleksitesi arasındaki ilişkisi aşağıda görülmektedir [11].



Şekil 11. Elektrikli mini ekskavatörlerde performans&enerji verimliliği ve maliyet&sistem kompleksitesi ilişkisi [11].



SONUÇ

Elektrifikasyon insiyatifinin şehir içi mini elektrikli ekskavatör hidrolik sistemlerine etkisi gürültü ve egzoz gazı emisyonu, enerji verimliliği&performans perspektiflerinden incelenmiştir.

İçten yanmalı motorun yerine elektrik motor kullanılmasının hidrolik ekipmanların çeşitliliğine de bağlı olarak beraberinde getirdiği avantajlar ve dezavantajlar sektöründe öncü makine imalatçıları tarafından yapılan test sonuçlarına göre ortaya konmuştur. Elektrik motorunun sahne alması ile:

1. İçten yanmalı motorların egzoz emisyon etkisinin %100 oranında azaldığı bir başka deyişle tamamen ortadan kalktığı tespit edilmiştir.
2. İçten yanmalı motorlu mini ekskavatörlerin kabin için gürültü seviyesinin %5, çevreye yaydığı gürültü seviyesinin %10 oranında azaldığı tespit edilmiştir.
3. İçten yanmalı motorlu mini ekskavatörlere göre maksimum %38 oranında enerji verimliliği sağlandığı tespit edilmiştir.
4. Sistemlerin kompleksitesi ve ilk yatırım maliyetleri artarken, işletme maliyetlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] SARI, H., ERCAN, Y, "Ekskavatörlerin Hidrolik Tasarımlarına Esas Olacak Temel Parametrelerin Belirlenmesi ve Teknik ve Ekonomik Yönden Optimum Hidrolik Elemanların Seçimi", IV. ULUSAL HİDROLİK PNÖMATİK KONGRESİ, 2005.
- [2] KELEN, F., "Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri", Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2014.
- [3] Volvo, "Global Marketing Pamphlet", 2020.
- [4] JCB, "Electric Mini Excavator 19C-1E", 2020.
- [5] PARKER HANNIFIN, "Mobile Hydraulics, PH_HY19-1012US", 2019.
- [6] PwC Electrification Report, 2020.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Kandeniz

1990 yılı İstanbul doğumludur. 2012 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendislik Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversitenin Makine Fakültesi, Makine Teorisi ve Anabilim Dalı'nda yüksek öğrenimini tamamlayarak 2019 yılında Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 2014-2016 yılları arasında HPS Hidrolik Proje Sistem Teknolojileri San. Ve Tic. A.Ş. de Proje ve Satış Mühendisi olarak çalışmıştır. 2016-2018 yılları arasında ENTEK Otomasyon Ürünleri San. Ve Tic. A.Ş. de sırasıyla Ürün Müdürü ve Teknik Müdür olarak çalışmıştır. 2018-2021 yılları arasında Parker Hareket ve Kontrol Sistemleri Ltd. Şti. de Proje ve Satış Mühendisi olarak çalışmıştır. 2021 yılından buyana Parker Hareket ve Kontrol Sistemleri Ltd. Şti. de Mobil Market Bölge Satış Müdürü olarak çalışmaktadır.