

**DEĞİŞKEN SUPAP ZAMANLAMASININ MOTOR PERFORMANSINA ETKİLERİ****\* Ali AKBAŞ****\*\* M. Sahir SALMAN**

**\* Arş.Gör. Pamukkale Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi / Denizli    \*\* Doç.Dr.Gazi Üniversitesi  
Teknik Eğitim Fakültesi / Ankara**

**ÖZET**

İçten yanmalı otomotiv motorlarında hız ve yük değişkenleri çok geniş bir aralıkta kullanılır. Her iki değişken içinde bu aralığın çok geniş olması kam profillerinin birbiri ile çelişen dizaynlar gerektirmesine yol açar. Klasik supap sistemlerinde taze karışımın içeri alınması ve egzoz gazının dışarıya atılması işlemi, krank açısı cinsinden sabit bir aralıkta yapılmakta ve dizaynındaki basitliği nedeni ile de yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan dinamik profile sahip değişken zamanlı supap sistemleri, motor devri ve yüküne göre motor performansını, yakıt ekonomisini, emisyonları ve relanti kararlılığını etkilemektedir. Bu çalışmada değişken supap zamanlaması sistemlerine alternatif yeni bir değişken supap zamanlaması prototipi yapılmış ve motor performansına olan etkileri incelenmiştir.

**ABSTRACT**

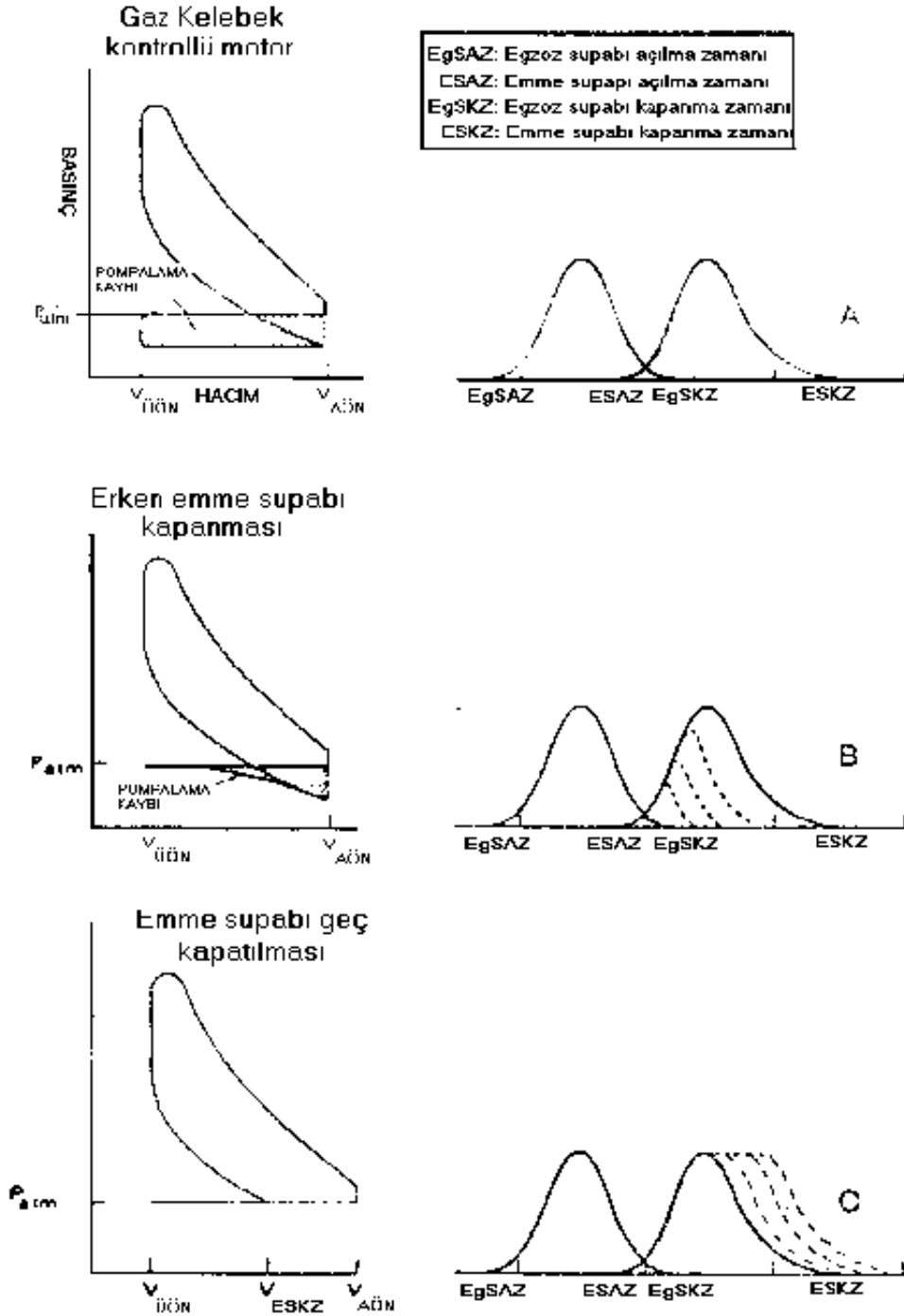
In this study, an alternative prototype has been designed and constructed for variable valve timing systems. The effects of intake valve lift and timing on engine performance have been investigated. Internal combustion engines in automotive applications operate over speed and load ranges. This wide range of speeds and loads results in conflicting demands for the design of the lift profiles for the valves. While the conventional mechanical valve train offers a robust way to supply the engine with intake charge and remove exhaust gases, the valve lift profiles are fixed in terms of crank angle and thus represent design compromises for the sake of mechanical simplicity. On the other hand, valves with dynamically variable lift, open duration, and timing could optimize the trade offs between engine performance, fuel economy, emissions and idle stability.

**GİRİŞ**

Emme ve egzoz supaplarının açılma ve kapanma zamanlarının dört zamanlı motorların performansına büyük etkisi vardır. Emme supabının görevi, emme zamanı süresince mümkün olduğu kadar çok hava yakıt karışımının silindire



motor yükünün emme supabı ile kontrol edildiği bir araştırma motorunda, emme supabı açılma zamanı (ESAZ) etkisinin gösterilmesine yardımcı olmak için Şekil 2'de basınç hacim diyagramları verilmiştir. Şekil 2.A da kısmi yükte çalışan klasik bir motorun diyagramı görülmektedir. Burada gaz kelebeğinin altındaki emme basıncı atmosferik basıncın altındadır. Karışım, atmosfer basıncının altında içeri alınır, sıkıştırılır ve yakılır. Takip eden egzoz zamanında piston yanmış gazların büyük bir kısmını atmosferik basıncın üzerinde dışarı atmaktadır.



**Şekil 2. Değişken supap mekanizmaları ile yük kontrol metotları**

Bu işlem motordaki pompalama işinin artmasına ve net işin azalmasına sebep olmaktadır. Emme supabı açık kalma süresi değiştirilerek motor yükü kontrol edilen sistemde, (şekil 2.B) motor yükünün gaz kelebeği ile kontrol

edilmesi yerine emme supabını zamanından önce kapatılarak içeri sürülen dolgu azaltılır, böylelikle motor yükü de azaltılmış olur. Bunun amacı içeri alınan dolgunun supaba gelinceye kadar atmosferik basınçta olması, sonuçta manifoldda ve gaz kelebeği etrafında meydana gelen basınç kayıplarının azaltılması ve pompalama kayıplarının da ortadan kaldırılmasıdır. Şekil 2.B’de atmosfer basıncının altında gösterilen bu alan, çevrimin pompalama işinden kaynaklanan kayıp alanı temsil etmektedir. Bu nedenle net olarak termik verim yükselmiştir. Aynı şekilde emme supabının geç kapatılması ile motor yükünü kontrol etmekte mümkün olmaktadır (Şekil 2.C). Böylelikle pompalama kayıpları azalmakta, fakat emme manifolduna doğru, ters yönde istenilmeyen bir pompalama gerçekleşmektedir. Sonuç olarak net iş aynı motor için artmaktadır (5). Bugüne kadar yapılmış olan çalışmalarda bir çok mekanizma tasarlanmış ancak bunların çok azı uygulama alanı bulabilmişlerdir. Bunun başlıca nedenleri; yüksek sürtünme, maliyet, boyut, esneklik, kullanılabilirlik ve dayanıklılıktır. Tüm bu sebepler seri motor üretimi yapan firmaları basit ve etkili mekanizmalar tasarlamaya itmiştir. Yapılan bu çalışmada, tek silindirli dört zamanlı bir motorda emme supabı açılıp kapanma zamanlarını değiştirin bir mekanizma yapılmış ve çeşitli emme supabı açılıp kapanma zamanlarının motor performansına etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

## DENEY DÜZENEGİ VE DENEYİN YAPILIŞI

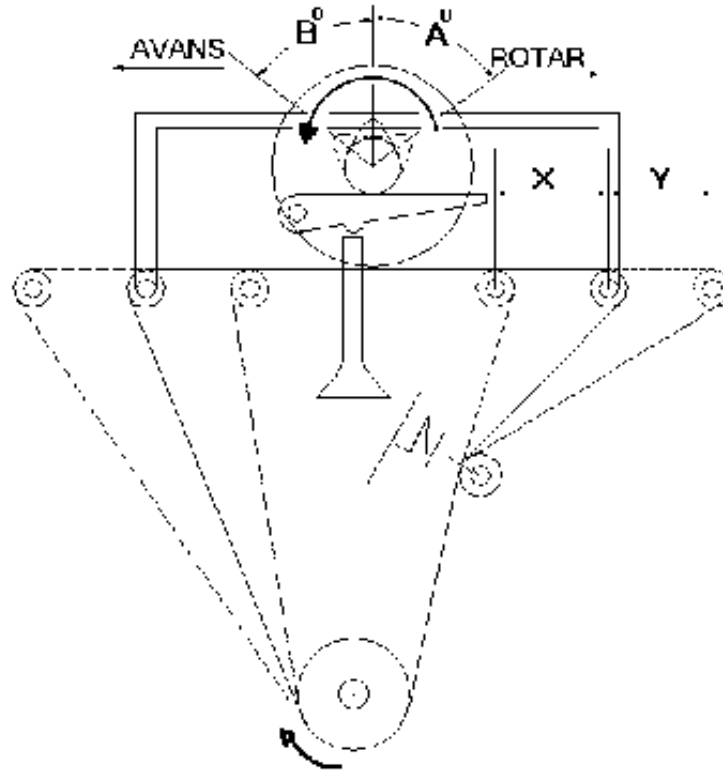
Deneyler, tek silindirli, Briggs and Stratton-Vanguard marka, benzinli bir motor üzerinde yapılmıştır. Deney motorunun teknik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Deneylerde Cussons P 8160 marka elektrikli dinamometre, egzoz gazlarının analizi için Sun MGA-1200 gaz analizörü kullanılmıştır. Şekil 3’de görülen özel değişken supap mekanizması yapılırken kam taşlama tezgahında önce motorun orijinal kam mili üzerinden emme ve egzoz kamlarının şablonları çıkarılmıştır.

**Çizelge 1. Deney motorunun teknik özellikleri**

Markası	Briggs and Stratton-Vanguard
Silindir sayısı	1
Silindir çapı	68 mm
Piston kursu	50 mm
Silindir hacmi	182 cm <sup>3</sup>
Ateşleme	Magnetron- Elektronik
Ağırlık	19.5 kg

Emme açılma avansı	15° önce ÜÖN
Emme kapanma gecikmesi	45° sonra AÖN
Egzoz açılma avansı	45° önce AÖN
Egzoz kapanma gecikmesi	15° sonra ÜÖN

Çıkarılan kam şablonlarından, kam taşlama tezgahında kam mili orijinal değerlerinde işlenip motor üstten kamlı hale getirilmiştir. Bu değişiklik sadece emme supabı mekanizmasında yapılmıştır. Egzoz supabı mekanizması değiştirilmemiştir. Mekanizma, emme supabına kumanda eden üstteki kam milinin hareketlerini kontrol etmektedir. Şekil 3'de görülen düzenele, emme kamının pozisyonu, krank miline göre değişik açı değerlerinde ayarlanabilmektedir. Sisteme yerleştirilmiş bir ölçülü tamburdan yararlanılarak emme supabının açılıp kapanma açıları bulunabilmektedir. Taşıyıcı mekanizma Y mesafesi kadar sağa doğru hareket ettirildiğinde emme kam mili B° kadar avansa alınabilmektedir. Taşıyıcı mekanizma X mesafesi kadar sola doğru hareket ettirilirse A° kadar emme kamı rötara alınabilmektedir. Şekil 3'de görülen düzenele emme supabı açılma-kapanma değeri 10° KMA aralıklarla değiştirilmiştir. Ancak egzoz sistemine müdahale edilmemiştir (6).



**Şekil 3. Kam açısı ayar mekanizması**

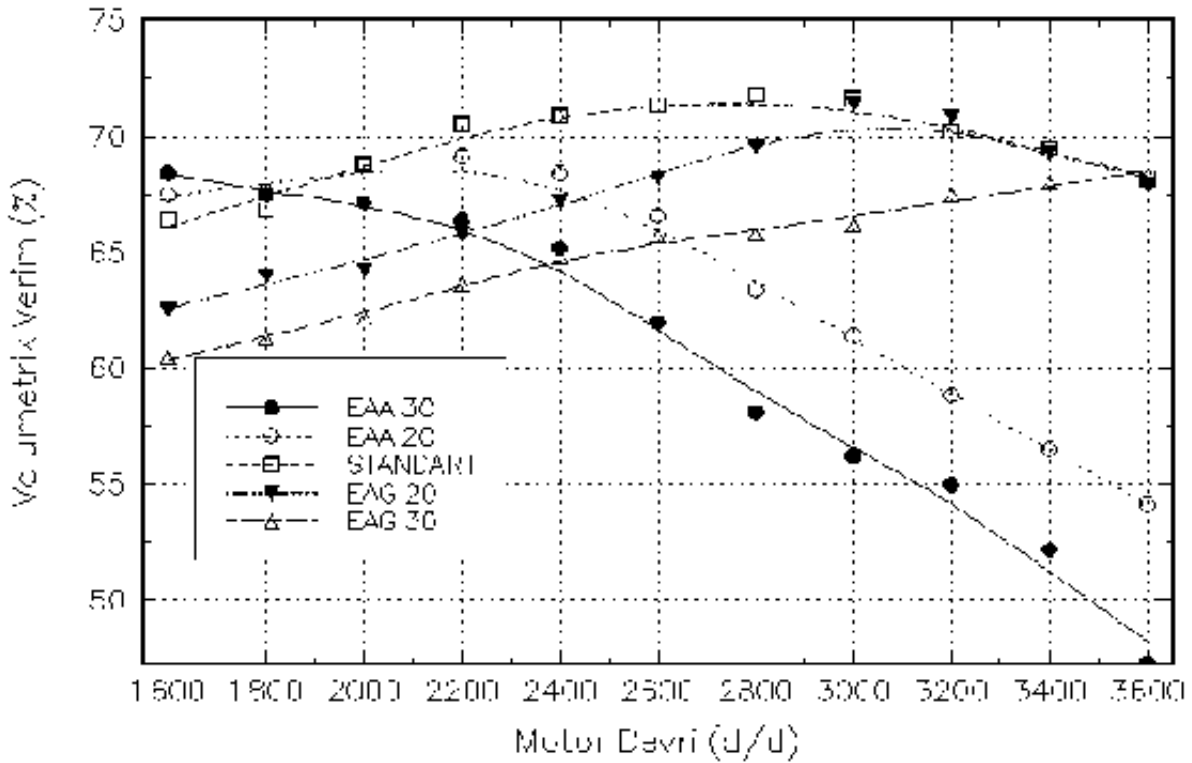
### 3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneyler, emme kamı orijinal konumundayken ve 20-30° KMA avansa alınarak ve 20-30° KMA rötara alınarak beş değişik değerde yapılmıştır. Gaz keleşinin tam açıklığında 1600 d/d'dan 3600 d/d'ya kadar 200 d/d aralıklarla değerler alınmıştır. Elde edilen verilerle, supap zamanlamasının motor performansı ve emisyonlara olan etkisi incelenmiştir. Düşük devirlerde sistem avansa alındığında supap bindirme zamanı artmış, yüksek devirlerde emme supabı rötara alındığında ise bindirme azalmıştır.

### 3.1. Emme Supabı Zamanlamasının Volumetrik Verime Etkisi

Şekil 4'de emme supabı zamanlamasının motor devrine bağlı olarak volumetrik verime etkileri görölmektedir.

Düşük motor devirlerinde orijinal supap zamanlamasına göre, emme supabı açılıp kapanma zamanı erkene (avansa) alındığında volumetrik verim artmaktadır.



#### Şekil 4. Emme supabı zamanlamasının değişen motor devirlerinde volumetrik verime etkileri

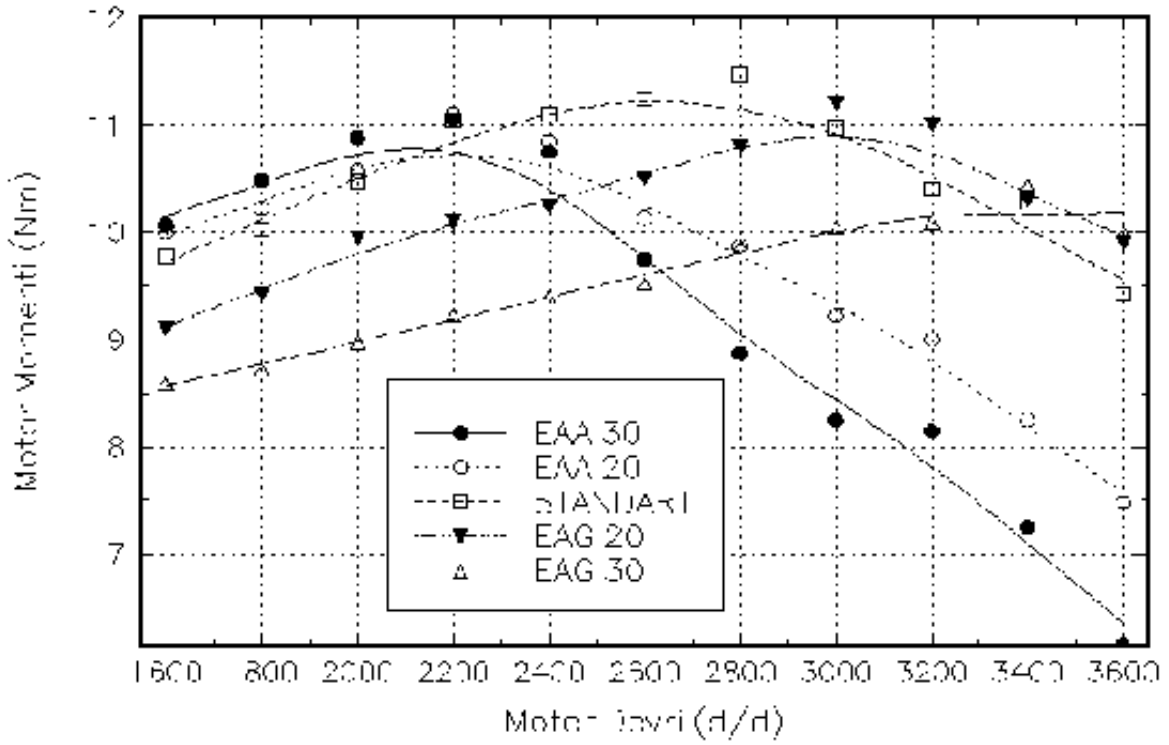
Motor orijinal supap açılıp kapanma değerinde 1600 d/d'da çalışırken volumetrik verim %66.43 iken, emme supabı 30° KMA avans değeri için %68.40 olmakta ve %2.9'luk bir artış sağlanmaktadır., Emme supabı açılıp kapanma zamanının erkene alınması, motor devri arttıkça volumetrik verimi azaltıcı yönde etkilemektedir. 3600 d/d'da orijinal subap zamanlaması ile %66 volumetrik verim elde edilirken, emme açılımasının 30° avansa alınması ile volumetrik verim %47.26'ya düşmüştür. Emme supabı zamanlaması, rötara alındığında ise, düşük devirlerde volumetrik verim motorun orijinal kam mili ile elde edilen volumetrik verim değerlerine göre düşmektedir. Motor

devri arttıkça 3000 d/d'dan sonra emme supabı zamanlamasının rötara alınmasıyla yapılan deneylerde volümetrik verimde artış başlamakta ve motorun orijinal emme supabı açılıp kapanma zamanları için elde edilen volümetrik verim eğrilerinin üzerine çıkmaktadır.

Emme supabı açılıp kapanma zamanının orijinal emme supabı zamanlamasına göre rötara alınmasıyla düşük motor devirlerinde volümetrik verimde meydana gelen düşme ram etkisinin düşük olmasından dolayı, emme supabının geç kapatılmasıyla dolgunun piston tarafından emme manifolduna geri itilmesinden oluşmaktadır. Yüksek devirlerde ise, piston ÜÖN' ya çıkmaya başlamasına rağmen emme kapanmasının geciktirilmesiyle, dolgunun momentumundan dolayı, silindire akışın devam etmesiyle volümetrik verimde kazanç sağlanmaktadır. Emme supabı zamanlamasının 30° KMA rötara alınmasıyla volümetrik verimdeki artış daha yüksek motor devirlerinde meydana gelmektedir.

### **3.2. Emme Supabı Zamanlamasının Motor Momentine Etkisi**

Şekil 5'de motor momentinin motor devrine bağlı olarak değişimi, emme supabının 5 değişik emme açılma değeri için verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi motorun orijinal emme supabı zamanlaması ile yapılan deneyde maksimum moment 2800 d/d'da 11,47 Nm iken bu devrin altındaki ve üzerindeki devirlerde moment düşmektedir. Emme supabı açılma ve kapanma zamanı erkene alındığında 2800 d/d'nın altındaki devirlerde orijinal supap zamanlamasına göre momentte artış sağlanmıştır. 2800 d/d dan sonra motor devrinin artmasıyla emme supabına kademeli olarak verilen avans, momentin orijinal emme supabı zamanlaması için elde edilen moment eğrisinin altına düşmesine neden olmaktadır. Moment 2800 d/d da 30( KMA avans için 8,88 Nm'ye kadar düşerek orijinal emme supabı zamanlamasına göre % 22,5'lik bir kayba neden olmaktadır. Düşük motor devirlerinde emme supabı zamanlamasının kademeli olarak rötara alınmasıyla moment, düşmekte, orta ve yüksek devirlerde ise artış sağlanmaktadır.

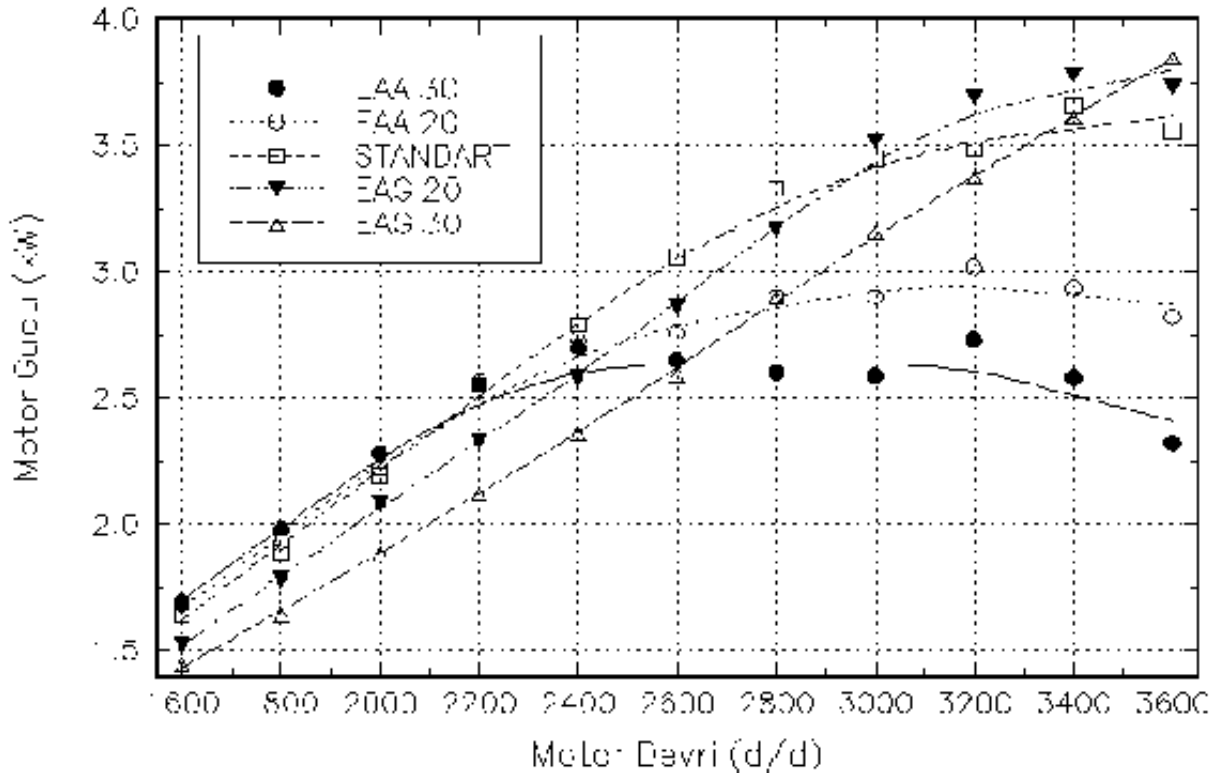


**Şekil 5. Emme supabı zamanlamasının devre bağı olarak motor momentine olan etkileri**

### 3.3. Emme Supabı Zamanlamasının Motor Gücüne Etkisi

Şekil 6'da emme supabının 5 değişik zamanlama değeri için motor devrine bağı olarak motor gücünün değışimi görülmektedir. Şekil 6'da görüldüğü gibi motor gücü, motor devrine bağı olarak artmaktadır. Düşük motor devirlerinde, sabit bir motor devri için orijinal supap zamanlamasına göre, emme supabı açılma avansı arttıkça motor gücü artmaktadır. 1600 d/d'da orijinal supap zamanlaması için yapılan deneyde motor gücü 1,64 kW iken, emme supabı zamanlaması 20( KMA avansa alındığında 1,68 kW'a çıkmaktadır. 30(KMA avansa alındığında ise 1,69 kW'a çıkarak orijinal emme supabı zamanlamasına göre % 3'lük bir kazanç sağlamaktadır.





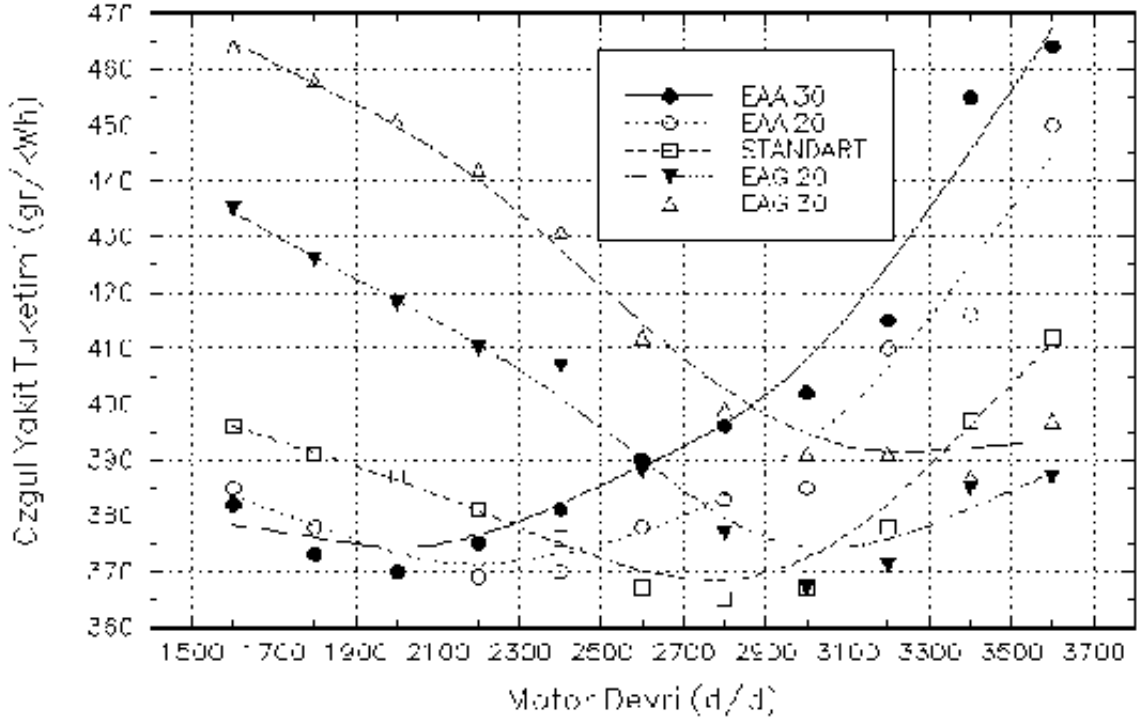
**Şekil 6. Emme supabı zamanlamasının motor devrine bağlı olarak motor gücüne etkisi**

Motor devri arttırıldığında ise, emme supabı zamanlamasını avansa almanın sağladığı kazanç azalmakta ve 2400 d/d'dan sonra orijinal emme supabı zamanlaması ile elde edilen güç, emme supabını avansa alarak elde edilen gücün üzerine çıkmaktadır. Emme supabı zamanlaması, orijinal supap zamanlamasına göre kademeli olarak rötara alındığında ise, düşük devirlerde güç, orijinal supap zamanlamasına göre düşmektedir. Motor devri arttıkça emme supabı zamanlamasının rötara alınmasıyla orta devirlerde elde edilen güç, orijinal emme supabı zamanlaması ile elde edilen güç eğrisine yaklaşmakta yüksek motor devirlerinde ise, üzerine çıkmaktadır. Düşük devirlerde emme supabı zamanlamasının avansa alınmasıyla sağlanan güçteki artış, silindire alınan dolgu miktarının artmasını kaynaklanmaktadır. Düşük devirlerde emme supabı zamanlaması rötara alındığında birim zamanda silindire alınan dolgu, dolayısıyla güç düşmektedir. Motor devri arttıkça, aynı devir için emme supabı zamanlamasının avansa alınmasıyla birim zamanda silindire alınan dolgu miktarı azalırken, rötara alınmasıyla ise artmakta ve motor gücü de bununla orantılı olarak değişmektedir.

### 3.4. Emme Supabı Zamanlamasının Özgül Yakıt Tüketimine Etkisi

Şekil 7'de emme supabının 5 değişik zamanlama değeri için motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değişimi verilmektedir. Şekil 7'de görüldüğü gibi orijinal emme supabı zamanlaması ile yapılan deneyde özgül yakıt tüketimi 1600 d/d'da 396 gr/kWh'den 2800 d/d'da 365 gr/kWh'e kadar düşmekte ve bu devirden sonra tekrar

yükselmektedir. Düşük devirlerde emme supabı zamanlaması avansa alındığında elde edilen özgül yakıt tüketimi, orijinal emme supabı zamanlaması ile elde edilen özgül yakıt tüketimi eğrisinin altına düşmektedir. Devir arttıkça emme supabı zamanlamasının avansa alınmasıyla elde edilen özgül yakıt tüketimi, orijinal supap zamanlaması ile elde edilen özgül yakıt tüketimi eğrisinin üzerine çıkmaktadır. 3600 d/d'da 30° KMA avans için özgül yakıt tüketimi 464 gr/kWh'e kadar çıkarak orijinal supap zamanlamasına göre % 12,62 artış göstermektedir.

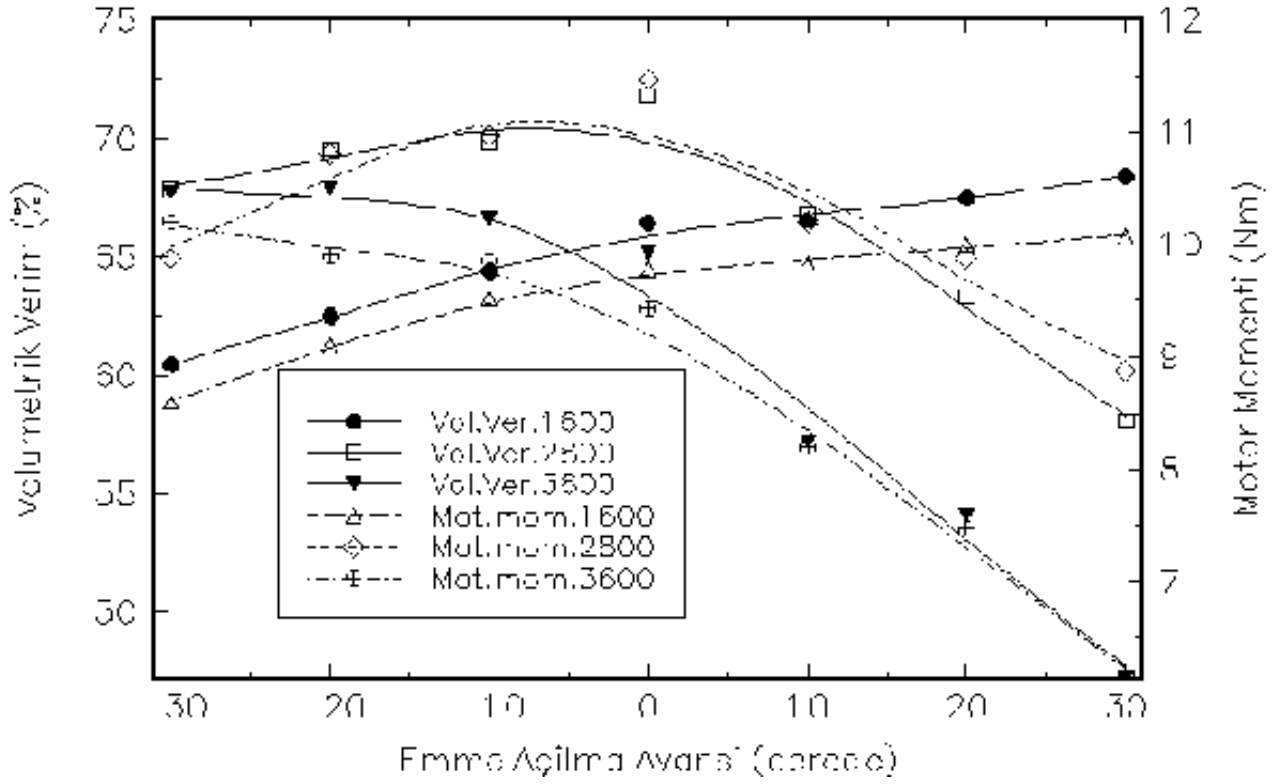


**Şekil 7. Emme supabı zamanlamasının motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketimine olan etkileri**

#### 4. Sabit Hızlarda Yapılan Deney Sonuçları

##### 4.1. Supap Zamanlamasının Volümetrik Verim ve Motor Momentine Etkileri

Şekil 8 de emme supabı zamanlamasının volümetrik verim ve motor momentine etkisi birlikte gösterilmiştir.

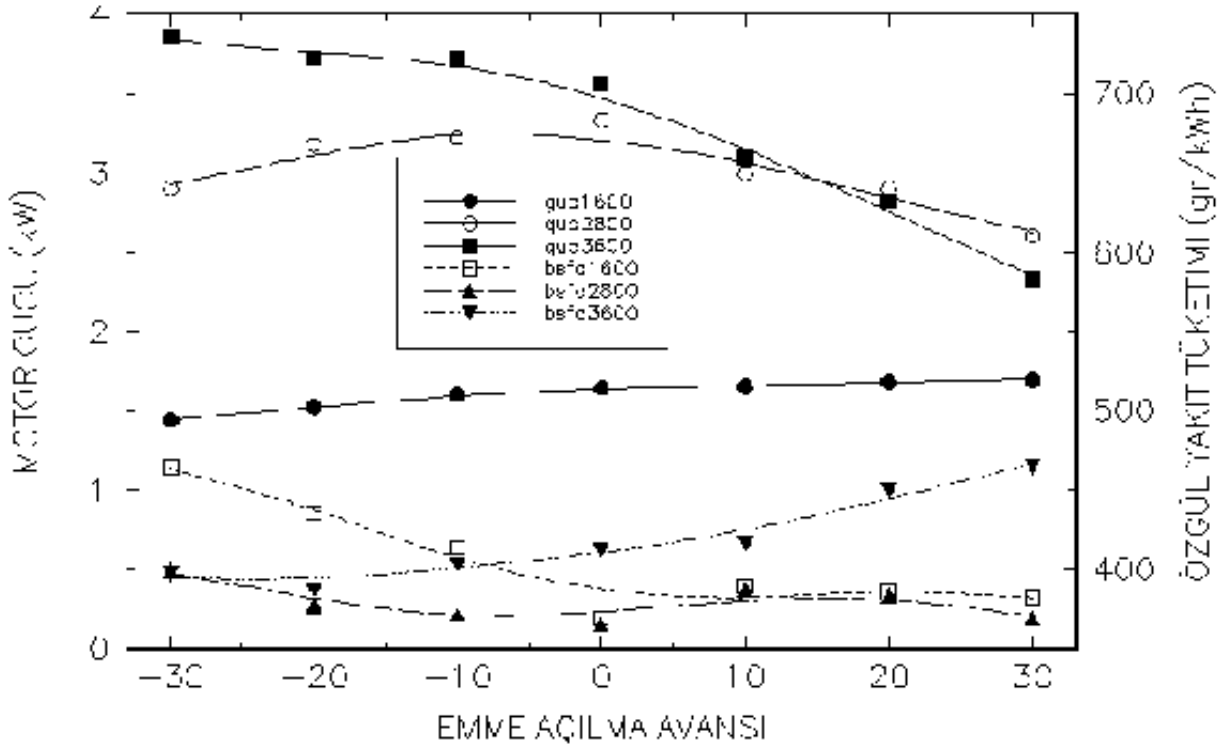


**Şekil 8. Emme supabı açılma zamanının volümetrik verime ve motor momentine etkileri**

Şekilde görüldüğü gibi volümetrik verim artışı motor momentinin de artmasına neden olmaktadır. Düşük devirlerde emme supabı açılma zamanının standard açılma zamanına göre avansa alınması volümetrik verimi artırırken beraberinde motor momentini de artırmıştır. Orta devirlerde, standard emme supabı açılma zamanı ile volümetrik verim %71,80 motor momenti ise 11,47 Nm ile en iyi sonucu vermiştir. Supap açılma zamanının orta devirlerde avansa veya rötara alınması volümetrik verimi ve momenti düşürmüştür. Yüksek devirler için rötara değerleri daha iyi sonuçlar vermektedir. 3600 d/d'da 30° rötara için volümetrik verim %67,69, motor momenti 10,20 Nm iken 30°avans değerinde volümetrik verim %47,26 motor momenti ise 6,15 Nm'ye düşmektedir. Sonuç olarak, motor devri arttıkça emme supabı zamanlamasının rötara doğru kaydırılması daha iyi volümetrik verim ve motor momenti elde edilmesini sağlayacaktır.

#### 4.2. Supap Zamanlamasının Motor Gücü ve Özgül Yakıt Tüketimine Etkisi

Şekil 9'da emme supabı zamanlamasının motor gücü ve özgül yakıt tüketimine etkisi birlikte gösterilmiştir.



**Şekil 9. Emme supabı açılma zamanının motor gücü ve özgül yakıt tüketimine etkisi**

Düşük devirlerde (1600d/d'da), emme supabı açılma zamanı avansa alındıkça motor gücünde artış olurken özgül yakıt tüketiminde de belirgin bir azalma görülmüştür. Düşük devirlerde emme supabı açılma zamanının rötara alınmasıyla motor gücünde azalma olurken özgül yakıt tüketiminde artış görülmüştür. 1600 d/d'da emme açılma avansı 30° KMA olduğunda motor gücü 1,69 kW ve özgül yakıt tüketimi 382 gr/kWh ölçülmüştür. Emme supabı açılma zamanı 30° KMA rötara alındığında ise motor gücü 1,44 kW düşmekte ve özgül yakıt tüketimi de 464 gr/kWh yükselmektedir.

Orta devirlerde (2800 d/d'da) ise standard supap zamanlaması en iyi neticeyi vermektedir. Motor gücü 3,33 kW elde edilirken özgül yakıt tüketimi de 365 gr/kWh olarak bulunmuştur. Yüksek motor devirlerinde (3600 d/d'da) emme supabı açılmasının rötara alınması motor gücünü artırırken özgül yakıt tüketimini de azaltmaktadır. 3600 d/d'da 3,85 kW'lık en yüksek güç emme supabı açılmasının 30° rotara alınmasıyla elde edilmiş ve özgül yakıt tüketimi de 397 gr /kwh olarak bulunmuştur.

## SONUÇ

Yapılan deneylerden şu sonuçlar elde edilmiştir:

- 1) Motorun düşük hızlarında emme supabı açılma zamanının avansa alınması motor performansını artırmakta ve özgül yakıt tüketimini azaltmaktadır.

- 2) Motorun orta hızlarında orijinal supab zamanlaması ideal sonuç vermektir. Deney motorunun orta hızlarda maksimum motor momenti verecek şekilde dizayn edildiğini göstermektedir.
- 3) Motorun yüksek hızlarında emme supabı açılma zamanının rötara alınması yüksek performans ve minimum özgül yakıt tüketimini elde etmek açısından oldukça önemlidir.
- 4) Değişken supab zamanlamasına sahip bu düzeneğin geliştirilerek çok çeşitli hızlarda çalıştırılan günümüz motorlarına uygulanması, yüksek performans ve düşük yakıt tüketimi açısından büyük yararlar sağlayabilecektir.

## KAYNAKLAR

1. Bensinger, W.D., 1974, Motor Konstrüksiyonu (Gaz Kumanda Elemanları), Güven Kitabevi, Ankara.
2. Özdamar, İ., Yelken, B., 1991, Benzin Motorları, M.E.B. yayını, İstanbul
3. Taylor, C.F., 1994, The Internal Combustion Engine in Theory and Practice, The M.I.T. Press, Volume 1, U.S.A.
4. Asmus, T.W., 1982, Valve Events and Engine Operation, SAE paper, No: 820749.
5. T. Ahmad, M.A. Theobald, A Survey of Variable Valve Actuation Technology, General Motors, SAE Paper, No: 891674
6. Akbaş A. Ağustos 2000, Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Değişken Supap Zamanlamasının Ve Supap Kalkma Miktarının Motor Performansına Etkileri Gazi Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi